DELLA BIBLIOTECA SCELTA

VOL. 520

TRATTATO DEL MAGNETISMO

E

DELLA ELETTRICITÀ

DELL'AB. [illegible]

FRANCESCO ZANTEDESCHI

Mem[illegible], Prof. di [illegible] Naturale [illegible] R. [illegible] be [illegible] I. R. Li[illegible] i Fi[illegible] e M[illegible] di [illegible] Scien[illegible] Veron[illegible] ente [illegible] Ve[illegible] tti [illegible] d[illegible] dell'A[illegible] Sc[illegible] ccordi [illegible] de' Lin[illegible] di Torino, [illegible] lt[illegible] ec.

VOLUME SECONDO

OPERA COMPLETA IN DUE VOLUMI

CON [illegible] TAVOLE IN LITOGRAFIA

Prezzo [illegible] lir. 11 00

BIBLIOTECA
SCELTA
DI OPERE ITALIANE
ANTICHE E MODERNE

vol. 520

FRANCESCO ZANTEDESCHI

DEL MAGNETISMO E DELLA ELETTRICITA'

VOLUME SECONDO



TRATTATO
DEL MAGNETISMO
E
DELLA ELETTRICITÀ

DELL'ABATE

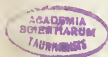
FRANCESCO ZANTEDESCHI

Membro effettivo pensionato dell'I. R. Istituto Veneto, Prof. di Fisica e Matem. applicata e di Storia Naturale Generale, Prefetto dell'I. R. Orto botanico in S. Giobbe e Direttore Amministratore dei Musei scientifici dell'I. R. Liceo di S. Caterina in Venezia, già P. O. Prof. di Filosofia Teoretica e Morale, negli II. RR. Licei di Brescia e Porta Nuova in Milano, Socio O. degli Atenei di Treviso e Brescia, della Società Economo-Agraria di Perugia, e dell'Acc. Scientifico-Letteraria di Bovolenta, Membro O. dell'Acc. di Agricolt. Arti e Commercio di Verona, Corrispondente degli Atenei di Bergamo e di Venezia, de' Poliglotti di Castelfranco, dell'I. R. Acc. di Roveredo, dell'Acc. Scientifico-Letteraria de'Concordi di Rovigo, dell'I. R. Acc. delle Scienze di Siena, de' Lincei di Roma, delle Reali Acc. delle Scienze di Torino, Napoli, Rouen e dell'I.R. Ateneo Italiano. ecc. ecc.

SECONDA EDIZIONE

CON SETTE TAVOLE IN LITOGRAFIA

VOLUME II.



MILANO

DALLA TIPOGRAFIA DI GIO. SILVESTRI

M. DCCC. XLVI.

Debbo alla gentilezza dell'Autore la permissione di comprendere quest' Opera nella mia *Biblioteca Scelta;* e gliene dichiarò pubblicamente la mia gratitudine.

Il Tipografo Gio. Silvestri.

PARTE SECONDA

DEL

MAGNETISMO E DELLA ELETTRICITÀ

IN QUESTA PARTE SI DIRA' DELL'ELETTRO-MAGNETICO, DEL TERMO E LUCI-ELETTRICO, DELL' ELETTRO-ELETTRICO, DEL ZOE-ELETTRICO, DEL MAGNETO-ELETTRICO, E DELLA ELETTROTIPIA E TERAPEUTICA ELETTRICA

SEZIONE QUINTA

§ 83. *Dell' Elettro-magnetico.*

L'Elettro-magnetico, o il Magnetico sviluppato dall'elettrico, è in tre capi trattato: nel primo si parla dell'ettro-magnetico Voltiano: nel secondo dell'elettro-magnetico di attrito; nel terzo dell'elettro-magnetico atmosferico.

CAPO PRIMO

§ 84. *Dell' Elettro-magnetico Voltiano.*

Questo capo è nei seguenti articoli diviso: nel I. si espongono le formole generali comprendenti i fenomeni elettro-magnetici dell'apparato Voltiano; nel II. si determina lo stato elettro-magnetico del filo congiuntivo; nel III. si esaminano le ipotesi imaginate da' fisici alla spiegazione dei fenomeni elettro-magnetici; nel IV. si espongono le circostanze che modificano i fenomeni elettro-magnetici.

ARTICOLO I.

§ 85. *Delle formole generali comprendenti i fenomeni Elettro-magnetici dell' apparato Voltiano.*

Nel 1802, come abbiamo dalla Gazzetta di Trento del 3 agosto di quell' anno, il peritissimo nostro jureconsulto *Romagnosi* aveva osservato l' influenza degli apparati Voltiani esercitati sopra l' ago magnetico liberamente sospeso, facendolo declinare per alcuni gradi dalla sua direzione polare: forse a ciò fu indotto dalle osservazioni meteorologiche di *Van-Swinden* sui movimenti irregolari dell'ago calamitato, dipendenti probabilmente dal vario stato elettrico dell' atmosfera, come ora riconfermò il sig. prof. dottor *Magrini*, e i due fisici *Barlocchi* e *Panciani*, come ho da una loro lettera, e dal prof. *Gazzaniga*. Ma perchè da un lato l' attenzione de' fisici era a quel tempo tutta diretta ad osservare la nuova scena dei fenomeni chimici operati dagli elettromotori voltiani, per cura principalmente del sagacissimo *Davy*; e dall'altro perchè il nostro *Romagnosi* non chiarì bastantemente il mezzo di osservazione dell' esposto fenomeno, non fu studiato da' fisici. Solo venne ricordato in Parigi dal prof. *Aldini* e dal prof. *Izarn*, rendendo così giustizia all'idea dell' illustre Italiano. Il celebre *Oersted*, segretario della reale Accademia delle scienze di Copenaghen, in una sua opera che pubblicò nel 1813, aveva proposto a sè stesso di ricercare se l' elettricità nello stato più latente ha alcun' azione sulla calamita; e nel verno del 1819 sciolse sperimentalmente la quistione determinando le seguenti leggi:

I. Disposto il filo congiuntivo al di sopra dell'ago magnetico, scorrendo la corrente elettrica positiva dal sud al nord della terra, il polo boreale dell'ago è deviato dalla sua naturale posizione e spinto all' ovest.

II. Se il filo è al di sotto, questo stesso polo è spinto all' est.

III. Se l' ago si colloca all' est della corrente alla stessa altezza e ad essa parallelo, la sua declinazione non cangia, ma l' ago s' inclina in un piano verticale, e il polo boreale si abbassa.

IV. Se l' ago si trasporta all' ovest della corrente alla medesima altezza e ad essa parallelo, la declinazione rimane la stessa, ma il polo boreale in questa posizione s' innalza.

Facendo procedere la corrente inversamente, cioè dal nord al sud della terra, i descritti fenomeni avvengono in direzione opposta.

Gli aghi formati di metalli non suscettivi di magnetismo non vanno soggetti ad azione di sorta.

Ampere, che, in seguito ad *Oersted*, tanto meritò della sienza elettro-magnetica, ideò un modo di espressione molto semplice per rappresentare i fenomeni del fisico di Copenaghen. Imaginò egli una figura di uomo coricata lungo il filo conduttore in modo, che la corrente positiva vada dai piedi alla testa e colla faccia rivolta all'ago magnetico. Ei chiamò *destra* o *sinistra* della corrente lo spazio a destra o a sinistra di questa figura.

I fisici francesi in generale chiamano *polo australe* della calamita quello che si rivolge al nord, e *polo boreale* quello che si rivolge al sud; e i fisici italiani chiamano comunemente *poli nord* e *sud* di una calamita, quelli che si rivolgono al nord e al sud della terra. Io ritengo questa denominazione antica, usata in Italia, e corrispondente al fatto senza ipotesi.

Ecco ora col mezzo della figura Amperiana l'espressione generale della scoperta Oerstediana: *Se il conduttore è parallelo all' asse della calamita (Fig. 1), questa tende a collocarsi ad angolo retto colla corrente, e col polo nord a sinistra.* In questa formola si comprendono tutti i casi di deviazione. Sia che il filo congiuntivo sia parallelo all' asse dell' ago in

un piano verticale, sia che siano paralleli in un piano orizzontale, sia che il filo congiuntivo sia parallelo all' ago d' inclinazione, sempre il polo nord devia alla sinistra della corrente, tendendo a collocarsi ad angolo retto. *Fusinieri* ebbe ad osservare, che in queste deviazioni vi sono due azioni distinte, l' una dalla parte boreale, l' altra dall' australe, in sensi contrarj, e che non vi è differenza dall' essere il conduttore fra i poli, all' essere al di là verso gli estremi. Un ago magnetico era lungo 14 centimetri, ed ha piegato una parte del filo conduttore a due angoli retti in modo, che il lato comune di essi angoli era di tre centimetri. Ha presentata questa parte di tre centimetri parallela sopra l'estrema parte boreale dell' ago. Andando la corrente dal sud al nord, l'ago fu spinto, e fortemente, colla punta nord all' ovest. Presentata poscia la stessa parte di conduttore sopra l' estrema parte australe, questa fu spinta con forza eguale all' est.

Ha ridotta la suddetta parte di conduttore a un solo centimetro; e ancora presentata parallela sopra la punta nord, e sopra la punta sud, spingeva quella all' ovest, e questa all' est. L' ebbe anche presentata parallela al di là della punta nord, e poi della punta sud, e ancora produceva le stesse deviazioni. Facendola poi movere dall' estremo nord all' estremo sud verso il centro del moto, le azioni erano decrescenti; ma non vi era differenza alcuna di azioni dal di dentro al di fuori dei punti polari. Vi sono adunque nelle deviazioni due azioni distinte, l' una dalla parte boreale, l'altra dall'australe, in sensi contrarj; e non vi è differenza dall' essere il conduttore fra i poli, all' essere al di là verso gli estremi.

Boisgiraud scoperse, che un ago da cucire sospeso verticalmente a un filo, ora è attratto, ora è respinto da una corrente rettilinea orizzontale vicina, secondo la direzione e la posizione di questa corrente relativamente ai poli dell' ago. Questi fenomeni si riducono alla seguente formola: *Posti ad angolo retto*

un filo conduttore ed un ago o barra magnetica, si attirano reciprocamente, quando il polo nord della barra è a sinistra della corrente. Se invece il polo nord è a destra della corrente, v' ha ripulsione.

Ma questi due effetti avvengono quando la perpendicolare comune ai due assi cade fra i poli della calamita, senza distinzione da parte boreale a parte australe. È noto che i poli della calamita non sono agli estremi, ma alquanto al di dentro. Se la perpendicolare comune ai due assi, cade invece al di là dei poli, vi è azione contraria, cioè ripulsione in luogo di attrazione, e attrazione in luogo di ripulsione. Anche questo senza distinzione da parte boreale a parte australe; cosicchè l'azione è la medesima tanto dal polo nord alla estremità, quanto dal polo sud all' altro estremo.

Sembrerebbe, osserva il sig. *Fusinieri*, a prima vista, che l' azione nei tratti al di là dei poli fosse contraria alla legge di *Ampere*, secondo la quale vi è attrazione se il polo nord è a sinistra, e ripulsione se il polo nord è a destra. Ma non è così: la stessa legge di *Ampere* si verifica anche nelle azioni al di là dei poli della calamita; fuorchè bisogna completarla nel modo seguente col signor *Fusinieri.*

I. V'ha attrazione e ripulsione fra il conduttore e la calamita, posti ad angolo retto, secondo che il polo nord agente si trova a sinistra o a destra della corrente.

II. V'ha attrazione o ripulsione fra il conduttore e la calamita, posti ad angolo retto secondo che il polo sud agente si trova a destra o a sinistra della corrente.

Naturalmente, come è nulla l' azione magnetica al luogo neutro di mezzo, che divide le due polarità, così debb' essere nulla in quel luogo l' azione reciproca col conduttore della elettricità. In conseguenza di che sono due realmente le azioni reciproche col conduttore: una della parte boreale, l'altra della parte australe; ma con questo, che sono identiche in quanto all' effetto attrattivo o ripulsivo

al di dentro dei poli. Oltrepassati questi, l' azione è contraria, ma sempre la stessa da una parte e dall' altra fino agli estremi.

I poli altro non sono che i punti dove massime sono le due forze, decrescente ciascuna in direzioni opposte; ed è cosa rimarcabile, che il decremento in direzioni opposte della stessa forza magnetica importi azione contraria sulla corrente elettrica, e che il decremento in direzioni opposte delle due forze magnetiche importi la stessa azione sulla corrente.

Raddoppiando la legge di *Ampere*, come sopra, ne risulta che alla stessa regola, come fra i poli, soggiacciono anche le azioni al di là dei poli.

In fatti, suppongasi che fra i due poli vi sia attrazione col conduttore, per essere il polo nord a sinistra, se agisce la parte boreale, o per essere il polo sud a destra, se agisce la parte australe. Portando il conduttore al di là del polo nord verso l' estremo, allora il polo ch' era a sinistra si trova a destra della figura d' uomo, come sopra: dunque dee succedere per la legge, la ripulsione. E se invece si porta il conduttore al di là del polo sud verso l' estremo, il polo ch' era prima a destra si trova alla sinistra, e dee quindi per la stessa legge succedere la ripulsione.

Nello stesso modo si comprende, come, essendovi nello spazio fra i poli ripulsione col conduttore per essere a destra il polo nord, oppure a sinistra il polo sud, secondo che l' uno o l' altro è agente, debba l' azione convertirsi in attrattiva, portando il conduttore al di là del polo; imperocchè portandolo al di là del polo nord, questo viene ad essere a sinistra della suddetta figura; e portandolo al di là del polo sud, questo viene ad essere a destra.

Anche le azioni dunque al di là dei poli, simili fra di loro e contrarie all' azione fra i poli, sono pienamente conformi alla legge di *Ampere,* raddoppiata e resa completa. Si dee cioè considerare, che

ciascun polo ha un' azione sua propria; e che l' azione fra il conduttore e il polo sud a destra è la stessa, che quella fra il conduttore e il polo nord a sinistra; come è indentica l'azione fra il conduttore e il polo sud a sinistra, e fra il conduttore e il polo nord a destra.

Tutto questo è facilissimo a comprendere, ed è conforme ai fatti. Ma tale sviluppo non si trova negli autori, benchè sia ben necessario a concepire in tutta la sua generalità la legge dell'azione reciproca fra corrente e calamita; anzi in taluni vi è della inesattezza e delle confusioni, per l' assuefazione di considerare la parte boreale e la parte australe della calamita come aventi azioni contrarie. L' identità di azioni dalla parte boreale e dalla parte australe, venne precisata da *Becquerel*, *Despretz* e *Lamé*, ed avvalorata dal *Fusinieri* co' suoi nuovi esperimenti.

In tutti questi confronti d' identità di azione fra il conduttore e la calamita nel suo tratto fra i poli, tanto nella parte boreale che nella parte australe, e d'identità di azione col conduttore nei due tratti fra i poli e gli estremi, ma contraria alla prima, si suppone sempre che i lati del conduttore e della calamita, che formano angolo retto, conservino la stessa posizione relativa: imperocchè se si cangia la posizione dei lati o col portare al lato opposto del conduttore la calamita conservando la sua direzione, o portando il conduttore al lato opposto della calamita, supposta immobile, allora ogni azione si converte in contrario; e ciò in virtù della stessa legge: imperocchè la figura d' uomo dee in ambedue i casi rivoltarsi per avere di facciata la calamita, condizione questa essenziale della formola; cosicchè il polo ch' era prima alla sua destra passa alla sua sinistra, e viceversa.

In sostanza è il cangiamento di azione per cangiamento di posizione relativa, che importa la contrarietà degli effetti; imperocchè, se si cangia il

lato del conduttore con un moto rivolutivo sul suo asse, senza cangiare la posizione della calamita; o se si cangia il lato della calamita, parimente con un moto rivolutivo sul suo asse, senza cangiare la sua posizione rispetto al conduttore; oppur anche se si porta alla parte opposta del conduttore la calamita, ma rovesciando la sua posizione, cioè con un moto rivolutivo della calamita intorno l'asse del conduttore; le azioni restano le medesime, perchè la posizione relativa resta la stessa: cioè perchè i poli restano a destra o a sinistra della corrente com'erano prima, e quindi sussistono in virtù della legge le medesime azioni.

Il convertimento dell'azione da attrativa in ripulsiva, e viceversa, colla suddetta regola di cangiare la posizione relativa di calamita e conduttore, che si tagliano ad angolo retto, è il fondamento del magnetismo incrociato, che il *Fusinieri* dedusse come necessaria ed immediata conseguenza.

Negli elici pure si considera la piccola figura Amperiana coricata sopra una delle spire e nella direzione di questa, colla faccia rivolta all'asse dove si colloca l'ago, e in modo che la corrente positiva vada dai piedi alla testa. Il polo nord si forma a sinistra, e il polo sud a destra. L'elice a'suoi estremi acquista dalla corrente le stesse polarità che imprime agli aghi, come diremo.

Da queste leggi e da varie esperienze de'fisici, come di *Faraday*, *De la Rive* e *Becquerel*, il *Fusinieri* ha dedotto dovervi essere azioni contrarie colla calamita da un lato all'altro dei due piani, e dall'interno concavo all'esterno convesso, cioè il magnetismo incrociato secondo l'asse e secondo i raggi: e passando al caso composto di più anelli formanti o spirale piana, o elice, o solenoide, o cilindro, ha dimostrato come per la stessa legge esservi dovessero azioni contrarie ai due piani opposti, ossia secondo l'asse, e dall'interno all'esterno secondo i raggi, con condensazioni di azione agli estremi e

decremento fino al mezzo della serie; e tutto questo ha riconfermato colla prova de' fatti.

Un' esperienza, che nel 1839 ho esposta al Congresso Pisano, mi tenne lungamente sospeso nell'ammettere la generalità della formola Amperiana. Ecco in che questa consiste: Si prenda un filo di rame circondato di seta, della lunghezza di cinque a sei metri, e in parte si conservi rettilineo, in parte si pieghi in spirale da sinistra a destra; si dispongano due declinatori nel medesimo piano, collocati a distanza che non abbia a riuscire sensibile la loro reciproca azione. All' uno di detti aghi sia sovrapposto il filo rettilineo, all' altro quella prima porzione del filo che incomincia a piegarsi in elica, ma un po' si ritrovi il filo all' est degli aghi; si diriga la corrente dal sud al nord della terra: tosto il polo nord dell' ago, che è sottoposto al filo rettilineo, devia a sinistra della corrente; e quello che è sottoposto all' elica, a destra della corrente. Fra i diversi fisici, che furono richiesti della spiegazione di questo fenomeno, non v'ebbe che il prof. *Svanberg* dell' Università di Upsala, che si sia prestato in un modo soddisfacente, risguardando il fenomeno come complesso, e come l' effetto di una risultante. Tale venne da lui calcolato con un' analisi la più rigorosa, e da me comprovata col mezzo dell' esperienza. Il filo disposto a quadrilungo avea il lato maggiore della lunghezza di un decimetro, e 6 centimetri, e il lato minore di sette centimetri e tre millimetri: l'ago era della lunghezza di sei centimetri, e sospeso sopra una punta di acciaio, mediante un capelletto di vetro: il suo peso era di sei denari. Io ebbi tutta l' attenzione che i lati dell' elemento della spirale fossero di uguali dimensioni che quelli della spirale stessa, e si avessero in tutto a ritrovare nella stessa posizione rispetto all' ago magnetico. Ora per la corrente diretta dal sud al nord col filo all' est di 0^m; 016, e in un piano superiore all' ago di 0^m, 014, la declinazione del polo nord all' ovest fu di 110°.

Per la corrente superiore diretta dal nord al sud col filo distante nel piano superiore di 0^m, 075, la declinazione all' est fu di 55°: e per le due correnti ascendente al nord, e discendente al sud, la declinazione all' est fu di 80°, cioè di 40° per ciascuna corrente: la differenza adunque fu di 25 all' est (*Fig.* 2).

La formola Amperiana serve ancora di espressione agli effetti di magnetizzazione: *La magnetizzazione degli aghi di acciaio posti ad angolo retto col filo congiuntivo segue a contatto in modo, che il polo nord si trova formato alla sinistra della corrente*; avviene cioè la magnetizzazione nel senso in cui si collocherebbe l' ago se fosse magnetizzato. Si è detto a contatto, perchè secondo le varie distanze avviene la magnetizzazione anche in contrario, come ha scoperto *Savary*. Ciò comprende anche il caso degli aghi entro gli elici, come esperimentarono *Arago* ed *Ampere*, ove l' azione è tante volte ripetuta quante sono le spire; e dove pure talvolta si verifica l' inversione dell' effetto.

Le azioni reciproche dei conduttori della elettricità si riducono comunemente da' fisici alle seguenti formole, che sono dovute ad *Ampere*:

I. Le parti conseguenti di un conduttore rettilineo si respingono; d' onde il *Fusinieri* dedusse: *Se due correnti poste in diretto vanno in contrario, devono attrarsi, e se vanno nel medesimo senso in diretto, devono respingersi.*

II. Se le correnti sono parallele e dirette allo stesso verso, i conduttori si attraggono.

III. Se le correnti parallele hanno direzioni contrarie, i conduttori si respingono.

Queste due leggi furono stabilite con esperienze fatte con conduttori paralleli o eguali, o non molto differenti di lunghezza, ed anche molto vicini. Il sig. *Fusinieri* dimostrò, che per non essere queste due leggi contraddittorie alla prima, bisogna limitarle fra correnti parallele uguali, e comprese fra normali

comuni; vale a dire ha stabilito, che essendovi due correnti parallele una più lunga dell' altra, e collocate in modo, che gli estremi di quella eccedano gli estremi di questa, l' attrazione, se vanno nello stesso senso, o la ripulsione, se vanno in senso contrario, non hanno luogo se non che fra la minore e la parte della maggiore compresa fra le normali comuni condotte alle estremità della minore; e che l' azione fra la minore e le parti della maggiore fuori di quelle normali, dev' essere contraria all' azione che ha luogo fra la minore e la parte della maggiore, compresa fra le normali; per cui può accadere, che se l' azione al di là delle normali comuni è prevalente all' azione fra le normali, in luogo dell' attrazione fra le correnti nel medesimo senso, e della ripulsione fra le correnti contrarie, può risultare nel primo caso una ripulsione, e nel secondo un' attrazione. La prevalenza dipende dalla distanza e dalla differenza delle lunghezze.

Dall' essere adunque due correnti collocate in diretto, all' essere parallele, l' azione reciproca diviene contraria: parlando sempre nel secondo caso di correnti comprese fra normali comuni. *Correnti elettriche adunque, che vanno nel medesimo senso, in diretto si respingono, e parallele si attraggono: correnti elettriche, che vanno in sensi contrari, in diretto si attraggono, e parallele si respingono.* Questa formola generale è dovuta al sig. *Fusinieri.*

IV. Se i conduttori formano angolo, o se le correnti vanno entrambe verso il vertice, o entrambe se ne allontanano, v' ha attrazione.

V. Se una delle correnti è diretta al vertice e l'altra da quello si allontana, v'ha ripulsione. (Fig. 3).

VI. Se i conduttori non sono nello stesso piano, supplisce al vertice la loro più breve distanza, e le azioni sono le medesime.

Anche queste leggi delle correnti ad angolo sono limitate ai casi di molta vicinanza e poca differenza di lunghezza, come notò il *Fusinieri.*

Se noi poniamo mente ai fenomeni che riguardano i conduttori concorrenti ad un vertice, od in luogo di questo ad una certa distanza la più breve fra loro, vedremo, che se l' uno o l' altro dei conduttori è mobile o lo sono entrambi, nel caso di reciproca attrazione devono ridursi paralleli colle correnti per lo stesso verso; che se invece si respingono, devono ridursi in diretto se concorrono ad un vertice, oppure devono ridursi paralleli coi loro estremi alla più breve distanza: che se i due conduttori s' incrociano per mezzo di una perpendicolare comune, si rendono paralleli colle correnti allo stesso verso: al che concorrono due attrazioni e due ripulsioni fra gli angoli opposti.

È un fatto dunque generale, che le correnti tendono al parallelismo dirigendosi nel medesimo senso, o a ridursi in diretto. E quindi meritamente il *Fusinieri* ridusse tutte le azioni delle correnti al supremo principio delle attrazioni e ripulsioni fra correnti parallele e in diretto superiormente riferito.

Da questo supremo principio dedusse il *Fusinieri*, come conseguenza immediata, che un conduttore rettilineo dirige un solenoide coll'asse ad angolo retto in modo, che il polo nord del solenoide si trova a sinistra della corrente rettilinea; che in quella posizione si attirano, e in caso di posizione contraria si respingono; che le posizioni contigue di uno stesso solenoide si attirano reciprocamente; che due solenoidi si respingono coi poli dello stesso nome, e si attraggono coi poli di nomi diversi; che si trasformano i poli di nomi contrarj in poli dello stesso nome, rovesciando il senso della corrente in uno dei due solenoidi; che l' azione fra due solenoidi si riduce a quattro forze, due attrattive, due ripulsive, secondo le rette che uniscono i loro estremi; che curvando gli assi di due solenoidi, l' azione degli estremi che si risguardano resta la stessa.

Finalmente, secondo *Ampere* e *De la Rive*, le azioni della terra sopra le correnti elettriche si riducono ai seguenti due fatti:

I. Una corrente verticale, mobile soltanto attorno un asse verticale, tende a collocarsi in modo, che il piano che la unisce al suo asse sia perpendicolare al meridiano magnetico, e a fissare sè stessa all' ovest se è ascendente, all' est se è discendente.

II. Una corrente orizzontale tende a muoversi, in tutte le posizioni in cui si trovi, parallela a sè stessa in un senso o nell' altro, secondo che varia la sua direzione,

Dovevano aggiungere, soggiungono *Demonferrand* e il dot. *Fusinieri*, *che la direzione è quella di recarsi alla sinistra di un osservatore, collocato lungo la corrente che vada dai piedi alla testa, e che abbia la faccia rivolta verso la terra.*

Porrò fine a questo articolo, osservando che *Arago* pensò che l'arco luminoso della Pila Voltiana sia attratto e respinto dai poli di una magnete; ed invitò i fisici a far delle esperienze nel vôto e in un' aria rarefatta; perchè da queste si potrebbe dedurre la spiegazione delle aurore boreali. Il *Davy* corrispose all' invito dell' illustre fisico francese, e verificò le attrazioni e le ripulsioni della luce Voltiana ai poli di una magnete. Il che venne pure riconfermato dal *Dumas*, da *J. T. Daniell* e da *De la Rive*, il quale osserva, che ciò, che la calamita attrae o respinge è questo conduttore formato dalla serie delle particelle ponderabili trasportate da un polo all' altro e attraversate dalla corrente. Io pure verificai queste attrazioni e ripulsioni; vidi che l'ago sottoposto all' influenza dell' arco luminoso, formato nel vôto pneumatico di tre linee di pressione, è continuamente agitato, come avviene nei fenomeni delle aurore boreali; e che, disposto parallelamente alla direzione dell' arco luminoso, presenta in un modo distinto le deviazioni Oerstediane (1).

(1) *Zantedeschi, di alcuni effetti elettrici ottenuti con un elettromotore a forza costante; Memoria letta all' I. R. Istituto Veneto il* 21 *luglio*, 1844; *Annali delle scienze del* 1844, *B. IV.*

ARTICOLO II.

§ 86. *Dello Stato elettro-magnetico del filo congiuntivo.*

Fino al 1843, sullo stato elettro-magnetico del filo congiuntivo, la fisica non aveva niente di preciso e di determinato. Il celebre *Arago* vide bensì, che non solo i fili di ferro dolce e di acciajo divengono magnetici allorchè fanno parte del circuito Voltiano, ma ancora gli altri metalli, e specialmente il rame, l'argento e il platino sottoposti alla stessa azione; ma si limitò ad osservare la semplice attrazione della limatura di ferro, la quale non si manifestava sulla limatura di rame e di ottone, e sulla segatura di legno e di altre sostanze. Non ricercò egli la polarità magnetica, che prendeva la limatura, ed avendo adoperati de' fili sottili, la vide sempre disposta traversalmente formando degli anelli concentrici, e cadere all'istante che la corrente elettrica cessava.

Queste esperienze furono tosto ripetute in Italia. A Pavia dal prof. *Configliachi*; a Firenze dal prof. *Gazzeri*, dal marchese *Ridolfi*, dal cavaliere *Antinori*, e dal *Bardi*; a Roma dal prof. *Barlocci* colla cooperazione ed assistenza dei professori *Morichini*, *Carpi*, *Folchi*, e alla presenza di varie colte e ragguardevoli persone; a Torino dal dottore *Vittorio Michelotti*; ma niente fu aggiunto a quello ch' era stato avvertito dal fisico francese.

Incominciando dal 1839, io feci diversi scandagli dello stato elettro-magnetico del filo congiuntivo col mezzo degli aghi di declinazione e di inclinazione. Un parallelepipedo di stagno o di zinco, collocato orizzontalmente nella direzione del meridiano magnetico, conduceva la corrente positiva dal sud al nord.

Presentato alla faccia verticale verso est un ago

di declinazione al basso, il polo nord fu attratto, in alto, fu respinto. Presentato invece l'ago alla faccia verso ovest, al basso, il polo nord dell' ago, fu respinto, e in alto fu attratto. Alla metà d' altezza delle facce, zero di azione.

Adoperato poscia l' ago d' inclinazione, presentandolo col polo nord alle due facce orizzontali superiore ed inferiore del parallelepipedo, io m' ebbi: Alla superficie superiore a destra di chi guarda settentrione attrazione, ed a sinistra ripulsione; alla superficie inferiore, a destra ripulsione ed a sinistra attrazione. Alla metà della superficie zero di azione (*Fig.* 3, 4, 5, 6, 7, 8). Ma questi fatti dai fisici a Pisa e da altri furono interpretati come deviazioni, in virtù del parallelismo o totale o parziale della corrente coll'asse magnetico, e furono ridotti alla solita legge di essere spinto il polo nord a sinistra; e posteriormente furono dichiarati imaginarj gli otto poli magnetici nel filo congiuntivo. Anzi si aggiunse, che nella mia imaginativa vi era questo assurdo della neutralità degli spigoli, perchè alle parti di superficie, adiacenti a ciascuno spigolo, i poli sarebbero contrarj. L' assurdo però, che agli spigoli le forze sieno decrescenti invece che crescenti, fu asserito e non comprovato; e fu smentito dalle mie susseguenti esperienze. L' ago d' inclinazione collocato nei piani degli spigoli rimase sempre immobile; e la limatura di ferro non rimase mai attaccata agli spigoli; anzi il suo modo particolare di distribuzione sulle facce mi guidò all' analisi più compiuta dello stato elettro-magnetico del filo congiuntivo. Ecco l' apparato e il modo ch' io tenni nello sperimentare.

Io feci uso di un elettromotore elementare di 10 piedi quadrati di superficie e di forma cilindrica, formato di rame ACBEDF e di zinco OMZX, che mediante alcune listarelle di legno si tiene disgiunto dal rame che lo circonda; in poche parole, io usai un elettromotore elementare disposto secondo il sistema di *Hare* (*Fig.* 9). L' elemento era caricato di acqua

acidulata con acido solforico nel rapporto all'incirca di $^1/_{40}$. P, rappresenta una grossa lastra di rame terminata in una cavità. Essa è metallicamente unita allo zinco, e nella parte concava è bene ravvivata e ripiena di mercurio. Parimente N, rappresenta una grossa lastra di rame unita metallicamente al rame dell'elettromotore, e nella sua parte concava è bene ravvivata e ripiena pure di mercurio.

Congiunsi i poli mediante una parallelepipedo di ferro dolce AB (*Fig* 10), conterminato da due grossi fili di rame N e P di due millimetri e mezzo di diametro. Il parallelepipedo era lungo 20 centimetri, colle facce larghe otto millimetri e collocato orizzontalmente. La corrente positiva era diretta dal *sud* al nord della terra, e lo sperimentatore era posto, come nella figura amperiana. La limatura, come io presentai alla Riunione Torinese, e pubblicai nello stesso anno 1840, si dispose sulle facce in due zone parallele fra loro ed orizzontali su tutta la lunghezza del parallelepipedo, senza che agli spigoli se ne osservasse traccia di sorta; e all'aprirsi del circolo la limatura intieramente cadeva. Questa disposizione della limaglia era dunque l'effetto del magnetismo prodotto dalla corrente Voltiana.

Io esplorai lo stato magnetico delle barbatelle della faccia orizzontale ed inferiore del parallelepipedo, che io qui rappresento sulla linea AB della sezione DABC (*Fig.* 11). Avvicinato in *n* il polo nord di un ago, o sia quella parte che si dirige a settentrione della terra, ho veduto che le barbatelle erano ripulse e cedevano; e, per converso, avvicinato lo stesso polo nord ad *s*, le barbatelle erano attratte. In *n* adunque vi era il polo nord, ed in *s* il polo sud. Sulla faccia orizzontale e superiore DC non si potè eseguire esperimento di sorta colla limaglia a motivo di quella sostenuta dal piano, che veniva a confondersi colla magnetizzata. Sulle facce BC e DA l'esperimento non riuscì così cospicuo come in AB; perchè le barbatelle della zona superiore col loro

proprio peso cadevano sulla limaglia della zona inferiore; e si fu per questo che io imaginai di adattare alle quattro superficie degli aghi sottilissimi da cucire nella direzione normale all'asse del parallelepipedo ed a contatto del filo congiuntivo. Essi furono della fabbrica di *Springsfeld* di Aquisgrana n° 14. Alcuni furono divisi per metà, ed altri in tre parti, onde non avessero questi minimamente a sporgere infuori dagli spigoli del parallelepipedo. Ciascuna parte, prima che venisse applicata al parallelepipedo, fu attentamente esplorata per vedere se avesse magnetismo sensibile. Chiuso il circolo per alcuni minuti e levato il parallelepipedo, tutti gli aghi furono magnetizzati col polo nord alla sinistra della corrente, come esprime la formola Amperiana, ed è espresso nella figura 12. Si noti bene, che gli aghi erano a contatto del filo congiuntivo, e tenuti aderenti con la cera, e che l' elemento Voltiano sviluppava tanto calorico, che i fili di rame, che facevano ufficio di elettrodi, non si potevano prendere in mano senza offesa; e che in un caso in cui l' elemento Voltiano operava debolmente, mancò la magnetizzazione degli aghi, la quale si ebbe tosto che fu l'apparato rinvigorito. Nel giorno 8 agosto, 1843, erano presenti alle esperienze nella sala di fisica dell' I. R. Liceo di Venezia, il sig. Maggiore *Charters*, membro della Società Geologica di Londra, il sig. de *Somerville*, il sig. prof. *Selmi* di Reggio, il sig. dot. *Sandonini* di Modena, il sig. *Bizio* figlio, ed altri (1).

Dall' esposto appare manifesto, che le polarità che prendono gli aghi sono opposte a quelle originarie del filo congiuntivo. *Nel filo congiuntivo rettilineo, percorso dalla corrente Voltiana, il polo sud è sempre alla sinistra;* e perciò nell' ago da calami-

---

(1) *Le leggi del Magnetismo nel filo congiuntivo percorso della corrente Voltiana del prof. Franceso Zantedeschi, Venezia, coi tipi di G. Antonelli*, 1843.

tarsi il polo nord sempre si forma alla sinistra, sempre alla sinistra declina il polo nord. *Il supremo principio adunque sperimentale dell' elettro-magnetismo nel filo congiuntivo rettilineo, si è che il polo sud è sempre alla sinistra della corrente.* Questo stesso principio venne anco verificato con parallelepipedi di ottone.

Feci pure esperimenti con spirali formate di parallelepipedi del lato di sei millimetri, del diametro interno di due centimetri e con le spire distanti l'una dall' altra cinque millimetri; e posto che la spirale fosse da sinistra a destra, e nel principio entrasse la corrente positiva (*Fig.* 15), al suo tagliente e all' esterno fino alla metà, le barbe della limaglia indicavano il polo sud, e nell' altra metà, col relativo tagliente, le barbe indicavano il polo nord. È bene avvertire, che, messa la spirale a contatto della limatura sparsa sopra una carta ben tesa, le barbe dei taglienti erano parallele, e quelle dell' esterno adiacente, normali all' asse della spirale. Nelle facce poi delle spire che si guardano, i poli opposti, incominciando dal primo passo della spirale, procedevano con questa legge: nord, sud; nord, sud, ecc., sino all'ultimo passo: e quando l' elettromotore era bastantemente attivo, le barbe dell' una faccia si congiungevano con quelle dell' opposta in una direzione parallela all' orizzonte, come in una magnete a poli molto vicini. Le barbe più lunghe delle spirali erano quelle degli spigoli: ai due taglienti furono della lunghezza fino di tre centimetri; e di qui partendo e andando verso il mezzo della spirale, scemavano in lunghezza. La figura JJ indicata rappresenta le variazioni delle barbe in lunghezza, come in N′, N″; S′, S″ ed S‴.

Nell' interno della spirale si vide aderente poca limaglia: essa sotto lo scandaglio presentava una polarità opposta all'adiacente imboccatura e all'esterno della spirale. La forza era smorzata dai poli omonomi. Si ebbe adunque nella spirale, che la massima

forza magnetica era condensata agli spigoli, e all' esterna superficie, come nelle calamite ordinarie.

Nella disposizione adunque delle forze elettro-magnetiche in un filo congiuntivo rettilineo e piegato in elica vi sono delle differenze, che altamente richiamano l' attenzione del fisico.

Ho di più comprovato, che l' arco luminoso dell' elettromotore Voltiano si propaga sotto forma di spirale o di elica, della quale ho determinata la direzione. Prendendo per principio dell' elica l' andamento che l' arco luminoso appalesa al polo positivo, la direzione è da sinistra a destra dell' osservatore che guarda la fiamma e che riceve la corrente positiva dai piedi,

Sperimentando fra due punte di carbone ho veduto, e meco videro molte rispettabili persone, che fra queste due punte di carbone il trasporto della sostanza carbonosa è non solo dal polo positivo al polo negativo, ma ancora dal polo negativo al polo positivo; e che nella prima direzione la quantità di carbone trasportato è di molto maggiore di quella che è trasportato nella seconda direzione. Il carbone è in uno stato di attenuamento, dotato di movimento rapidissimo, e manda una luce vivissima, che si rende maggiore tuffando a varie riprese il carbone acceso in un bagno di mercurio. Pare un sole che abbarbaglia la vista. Questo abbacinamento è sovente preceduto da un' infocamento delle masse carbonose.

Sebbene i due carboni sieno terminati in punta, tuttavia si osserva che quello che è al polo positivo nella sua parte centrale prende sempre una cavità, e che quello che è al polo negativo termina sempre in una punta più assottigliata. Anche con carboni smussati si verificano costantemente queste due forme. L' elica luminosa esce dalla cavità del carbone positivo, si espande ed investe la punta carbonosa del polo negativo, da renderla impercettibile all' occhio più penetrante.

ARTICOLO III.

§ 87. *Delle ipotesi imaginate dai fisici alla spiegazione dei principali fenomeni elettro-magnetici.*

I fenomeni elettro-magnetici, de' quali abbiamo, nel Capo primo di questa Sezione, esposte le formole generali, sono in tre classi compresi: azioni fra correnti elettriche e calamite, ed i ferri che si magnetizzano; azioni fra i conduttori della elettricità; e e fra i conduttori della elettricità e della terra.

A due principali si possono ridurre le ipotesi dei fisici, con le quali hanno tentato di rendere ragione degli esposti fenomeni: l' una si fonda su *forze vertiginose*, e l' altra su *forze tangenziali*. Io mi limiterò alle cose le più generali, perchè non v' ha parte di fisica tuttavia involta in moltiplici finzioni e in imaginarie determinazioni di questa: il qual grave difetto si deve ripetere da ciò, che i fisici vollero penetrare a viva forza con la fantasia, dove non avea penetrato nè l'esperienza, nè l' intelletto.

Incominciamo dalla prima ipotesi fondata sulle forze vertiginose. Queste furono collocate da *Ampere* nelle calamite e nella terra; da *Oested*, da *Wollaston* e da *Faraday* nel filo congiuntivo percorso dalla corrente elettrica.

Ampere da prima imaginò che tali correnti nella calamita avessero a contornare l' asse in piani paralleli fra di loro e perpendicolari all' asse stesso; in seguito imaginò che fossero minime, cioè attorno ogni particella ferrea, sempre però disposte parallele in serie e in piani perpendicolari all' asse; e in ciò venne seguito dai Trattatisti di fisica, come *Despretz*, *Lamè*, *Becquerel*, ecc. Solo *Peclet* ne parla in modo da supporle d'intorno all' asse, senza dire che sieno correnti molecolari. Queste correnti, nella posizione naturale di una calamita, sarebbero discendenti all' est ed ascendenti all' ovest.

Ora tutti gli osservati fenomeni di azione reciproca fra correnti elettriche e calamite, come le attrazioni, ripulsioni e deviazioni, non sono che effetti della tendenza che hanno le correnti elettriche al parallelismo e dirette nel medesimo senso.

Questa ipotesi generalmente proclamata, perchè rispondeva a molti fatti, venne da me rigettata, fino dal 1829, in un mio lavoro intitolato: *Sullo stato attuale dell' elettro-magnetismo in Italia*, considerando i non pochi fenomeni che la combattevano: *Nobili* pure, *Gerbi* e *Poggendorff* mossero contro delle difficoltà; ma niuno più vittoriosamente del *Fusinieri* l' ha combattuta, il quale giunse a questa conclusione: « Che quantunque per causa ignota le azioni delle calamite sieno in molta parte simili a quelle dei conduttori elettrici ripiegati in elici o in solenoidi, la ipotesi che sieno costituite da correnti elettriche molecolari perpendicolari all' asse, è del tutto inammissibile, non solo come contraria a molti degli stessi fenomeni magnetici, ma anche assurda in sè stessa, come contraria a leggi fisiche conosciute. » Fra i molti argomenti, io non farò che trascegliere i seguenti.

La prima supposizione di *Ampere* importa, che una calamita fatta a cilindro cavo, abbia nell'interno un' azione contraria all' esterno, come hanno gli elici elettro-dinamici e i solenoidi: il che fu riscontrato contrario al fatto, perchè un cilindro cavo magnetico ha le stesse azioni di fuori e di dentro, siccome ha discoperto *Faraday*.

La seconda supposizione importa tuttavia un' altra grave difficoltà. *Ampere* fece della calamita una serie di solenoidi fra loro paralleli; ma l' esperienza comprova che i poli dei solenoidi sono agli estremi; ed invece nelle calamite i poli sono alquanto distanti dagli estremi verso il mezzo. Nè *Ampere*, nè alcun altro fisico porse rimedio a questo essenzialissimo difetto della ipotesi.

Finalmente, secondo l' ipotesi Amperiana, anche

presa nella sua generalità, come fece *Peclet*, vi dovrebbe esser la stessa azione o attrattiva o ripulsiva da un estremo all' altro della calamita col conduttore ad angolo retto; e invece dal di dentro al di fuori dei poli le azioni sono contrarie, come dimostra l' esperienza. Ho detto, che, secondo l'ipotesi, dovrebbe esser la stessa azione al di dentro e al di fuori dei poli; perchè, come è nei solenoidi, le supposte correnti circolari attorno le molecole del ferro in piani fra loro paralleli e perpendicolari all' asse della calamita, sarebbero dirette tutte nel medesimo senso, cioè discendenti all'est ed ascendenti all'ovest, quando la calamita orizzontale si trova nella sua naturale direzione. Allora un conduttore verticale presentato a un lato di essa, troverebbe per tutta la lunghezza della calamita correnti dirette o nel medesimo senso o in contrario; quindi in tutti i punti vi dovrebbe essere o attrazione o ripulsione.

Nell' ipotesi Amperiana, i fenomeni della magnetizzazione si spiegano a questo modo. Nelle molecole del ferro esistono le correnti elettriche in tutte le direzioni, cioè a guisa di sfere, e la magnetizzazione le riduce tutte parallele e nel medesimo senso.

Ma tutto questo è inconcepibile, io soggiugnerò col *Fusinieri*, anzi contrario ai principj esperimentali. « Si conduca sopra una barra di acciajo, secondo la sua lunghezza, un polo di calamita che abbia l' asse perpendicolare a quello della terra. Le correnti della calamita perpendicolari al suo asse, tendono a rendere parallele a sè stesse e nelle proprie direzioni le correnti della barra disposte alla rinfusa attorno le molecole. Si disporranno dunque in serie, che avranno gli assi perpendicolari all' asse della barra, e non paralleli. Vale a dire, la barra, secondo la legge sperimentale, acquisterebbe le due polarità secondo la larghezza, e non secondo la lunghezza. »

E in fatti come si spiega la magnetizzazione degli aghi entro gli elici percorsi dalla corrente? Con la

riduzione delle correnti nell' acciajo parallele ai piani delle spire e dirette nello stesso senso. Egli è adunque inesplicabile, secondo la ipotesi, la magnetizzazione per fregamento; anzi, secondo la ipotesi, quella magnetizzazione non potrebbe riuscire.

Qual causa poi nel ferro dolce toglie a quelle correnti le disposizioni acquistate o per fregamento o per influenza di un polo magnetico, per ridurle alla prima confusione di direzioni attorno le molecole? E se hanno una tendenza naturale a quella confusione, qual causa vi si oppone nell'acciajo temperato? Si adduce comunemente da' fisici la *forza coercitiva*, ma questa è una parola senza idea corrispondente.

La tendenza poi naturale alla confusione per tutte le direzioni è un assurdo contrario alla legge sperimentale, per cui le correnti tendono anzi a ridursi parallele, e con le stesse direzioni, cioè alle posizioni in cui si attraggono; e in quelle posizioni la stessa forza che tende a ridurvele, dee mantenerle.

Cosicchè è del tutto inesplicabile con la ipotesi, anzi è contrario al suo fondamento, lo stato soltanto passeggiero di magnetismo del ferro dolce o per azione di una calamita, o per azione di un conduttore, o per azione della terra.

La ipotesi delle correnti terrestri è molto più vaga e indeterminata di quella delle calamite. Gli autori sono discordi e contraddittorj fra di loro. Bensì si dà loro una direzione dall' est all' ovest in piani perpendicolari all' ago d' inclinazione, ma differiscono enormemente in quanto al loro collocamento,

Ampere, autore della ipotesi, le collocò sopra il globo. Così dichiarò *De la Rive* in suo nome, facendo di quelle correnti una cintura intorno al globo o una specie di atmosfera in moto sopra il globo, ma di maggiore intensità all' equatore magnetico, in modo da poterle rimpiazzare con una sola corrente.

Despretz, *Peclet*, *Lamè*, ammisero correnti dentro il globo ed anche alla superficie; e in tutti due i casi con la condizione che sieno crescenti d' intensità verso l' equatore, a segno da potervi sostituire a tutte una sola equatoriale.

Becquerel fu molto differente da tutti questi. Egli ammise le correnti elettriche entro il globo, là principalmente ove lo strato d' ossido, che circonda il globo, riposa sopra un nocciuolo metallico; con che verrebbero crescenti verticalmente d' intensità e con grande rapidità, secondo che diminuisce la distanza dal nucleo: anzi, secondo *Savary*, il raggio di queste correnti sarebbe picciolissimo in confronto del terrestre.

Le correnti vicine e immediatamente sottoposte ai conduttori e all' ago, tendono a collocare quelli e questo in modo che si abbiano correnti parallele e dirette nello stesso senso. Così un circuito circolare o rettangolo, mobile attorno un asse verticale si colloca, come osservò *Ampere*, perpendicolare al meridiano magnetico in modo che con la parte inferiore la corrente vada dall'est all'ovest (Fig. 14): un ago calamitato abbandonato a sè stesso si dirige necessariamente in modo, che i piani delle sue correnti e quelli del globo sieno paralleli; e che le correnti più vicine, cioè a dire quelle della superficie del globo dov' è collocato l' ago, e quelle della parte inferiore dell'ago sieno dirette nello stesso senso, come in un solenoide.

Si riteneva che la direzione del rettangolo perpendicolarmente al meridiano magnetico fosse effetto della corrente al lato inferiore del rettangolo; appresso si discoperse dipendere dai lati verticali.

De la Rive togliendo al rettangolo i lati conduttori orizzontali, e facendo passare la corrente pei due lati verticali, ove ascendeva in uno, discendeva nell'altro, ha trovato che ugualmente il piano del rettangolo si collocava perpendicolare al meridiano magnetico in modo, che il lato verticale ove la corrente

discendeva si trovava all'est, e l'altro ove la corrente ascendeva all'ovest (*Fig.* 15). Poi sopprimendo anche uno dei conduttori verticali, e conservandone uno solo, ancora il piano del rettangolo si collocava perpendicolare al meridiano magnetico, e il lato verticale conduttore era all' est e all' ovest, secondo che la corrente discendeva o ascendeva (*Fig.* 16).

Si noti, che quei conduttori verticali sono obbligati in modo da non potersi muovere che paralleli a sè stessi, descrivendo un semicilindro. Dando loro un moto libero, dopo essere in quel modo collocati attorno un asse orizzontale, il piano del rettangolo si colloca perpendicolare all'ago d' inclinazione (*Fig.* 17). Avendo io fatta questa esperienza, dando loro più libertà di moto, ho veduto essere questa la loro direzione assoluta.

Tale tendenza dei conduttori verticali al parallelismo, dirigendosi alla sinistra dell' osservatore collocato lungo il conduttore che guarda la terra, e che riceve la corrente dai piedi alla testa, fu osservata da *Ampere* nei conduttori oizzontali. Egli ha sospeso ad un filo lunghissimo di seta un filo di metallo orizzontale con le estremità ricurve, che pescavano ciascuna in un bagno di mercurio. Quando il filo era posto nel circuito Voltiano, lo ha veduto avanzarsi come se fosse strascinato da forze parallele ed uguali, perpendicolari alla direzione del filo. Il fenomeno era lo stesso, in qualunque direzione che fosse collocato il conduttore orizzontale, sia dall' ovest all' est, sia dal nord al sud, sia in qualunque altra intermedia. Cangiando la direzione della corrente, si muoveva in senso contrario (*Fig.* 18).

Analoga all' esperienza di *Ampere* è quella di *Faraday*, fatta con un conduttor rettilineo orizzontale, ma obbligato in modo da non potersi muovere se non che parallelo a sè stesso: esso forma il lato inferiore di un rettangolo mobile attorno il lato superiore, che compone un asse fisso. Fu osservato, che quel lato inferiore per cui passa la corrente, si

muove parallelo a sè stesso, qualunque sia la sua posizione rispetto al meridiano (*Fig.* 19).

Le supposte correnti terrestri dall'est all'ovest condensate verso l'equatore, furono impiegate per muovere paralleli a sè stessi i conduttori verticali dall'est all'ovest se le correnti ascendono, e dall'ovest all'est se discendono; e parimente per muovere paralleli a sè stessi i conduttori orizzontali. Vale a dire, se le correnti sono dirette dal sud al nord, o in contrario, allora si dà la spiegazione del moto parallelo a sè stesso coll'attrazione e ripulsione che soffrono dalle supposte correnti terrestri dall'est all'ovest, che si suppongono condensate verso l'equatore; e se sono collocate in posizioni intermedie, si decompongono ciascuna in due normali, una diretta dal sud al nord, o viceversa; e quindi si dà la stessa spiegazione col moto impresso dalle attrazioni o ripulsioni delle correnti terrestri alle componenti dirette dal sud al nord, o viceversa, secondo il seguente teorema: *Se un conduttore mobile è perpendicolare a una corrente fissa, che si estenda da una parte e dall'altra della più breve distanza, essendo la corrente mobile necessariamente da una parte respinta e dall' altra attratta, ogni suo punto od elemento riceverà una spinta in direzione parallela alla corrente fissa, purchè questa sia tanto estesa, che vi sia da una parte e dall' altra egual numero di elementi che agiscano sopra ciascun punto od elemento del conduttore mobile.*

La spinta che riceve ciascun punto od elemento della corrente mobile, è in contrario alla direzione della corrente fissa, se la corrente mobile si avvicina: ed è nella direzione della fissa, se la mobile si allontana. I trattatisti, come *Despretz*, *Peclet* e perfino *Becquerel*, seguirono questa spiegazione; benchè quest' ultimo non potesse seguirla, non avendo ammesse, come gli altri, le correnti superficiali condensate verso l'equatore, ma invece condensate verticalmente. Dice che quel moto parallelo a sè stesso

delle correnti segue sempre a sinistra dell' osservatore.

Finalmente le correnti condensate verso il nucleo della terra e all'equatore in circoli di piccolissimo raggio rispetto al terrestre, furono destinate alla spiegazione dei fenomeni dell' inclinazione dell' ago magnetico.

Le successive trasformazioni di questa ipotesi appalesano a prima vista la sua insussistenza e l' inconciliabilità delle spiegazioni che vengono date dei varj fenomeni. Facciamone brevemente l'analisi.

I fisici convengono, come *Despretz*, *Peclet, Lamè* e *Becquerel*, che il magnetismo terrestre è crescente d'intensità verso i poli. Ma in qual maniera, come osserva il sig. *Fusinieri*, combinare queste due idee? Magnetismo della terra crescente verso i poli, e correnti elettriche dall' est all' ovest costituenti quel magnetismo, che crescono invece d' intensità verso l'equatore. Con le imaginate correnti la terra sarebbe un grande solenoide e seguirebbe la legge dei solenoidi, cioè la condensazione agli estremi delle due forze polari. Cosicchè la condensazione delle forze delle correnti sarebbe verso i due poli magnetici invece che verso l'equatore, il quale sarebbe anzi il luogo di neutralità. Ciò combinerebbe col fatto della intensità crescente verso i poli del magnetismo terrestre. Ma siccome ciò non serve alla spiegazione dei fenomeni, si è data alle forze delle correnti terrestri una condensazione a rovescio di quella dei solenoidi, ed a rovescio di quella mostrata dalle esperienze.

Inoltre la terra, secondo l' ipotesi delle correnti terrestri, non dovrebbe presentare che un solo grande solenoide; e secondo le osservazioni la terra presenterebbe due o più grandi solenoidi fra loro incrociati. Infatti, secondo le osservazioni antiche e recenti de' viaggiatori, vi sarebbero due poli boreali e due australi. De' due primi uno sarebbe nell' America settentrionale e l'altro al nord della Siberia;

e gli australi sarebbero, uno nella Nuova Olanda e l'altro nella Terra del Fuoco. In virtù delle distanze di essi poli magnetici dai poli della terra, distanze che giungono anche a venti gradi e più, e in virtù delle loro longitudini pure determinate sarebbero due a due quasi diametralmente opposti: ma gli assi fra di loro notabilmente inclinati non passano pel centro della terra. Anche per questo restano grandemente sconcertate tutte le supposizioni delle correnti elettriche terrestri.

Ma v' ha ancora di più. Le successive trasformazioni della ipotesi delle correnti elettriche, ora sopra il globo, ora alla superficie, ora entro il globo, ora condensate verso l'equatore, ora condensate verso il nucleo della terra, implicano contraddizione fra di loro nella spiegazione del magnetismo terrestre.

Infatti per ispiegare la direzione che prendono gli aghi calamitati, ed i solenoidi si ricorre a correnti terrestri, immediatamente soggette e dirette dall' est all'ovest: ma ciò distrugge l'idea dell'azione di una corrente equatoriale, o di una condensazione a quella parte di correnti, tali da rendere nulla l'azione delle correnti vicine e verticalmente sottoposte ai conduttori. In quella supposizione il solenoide non prenderebbe lo stato di equilibrio, a cui si riduce sospeso per il suo mezzo.

De la Rive ha osservato che un rettangolo verticale senza base (ove pei due lati verticali la corrente ha la stessa direzione, e nel lato superiore vi sono in conseguenza due correnti contrarie divise dal punto di sospensione), ruota continuamente per l' azione della terra. *Ampere* attribuì l'effetto ai due lati verticali, spiegandolo con la sua ipotesi delle correnti elettriche dall' est all' ovest (*Fig.* 20).

Ma il *De la Rive* fece l'esperienza coi soli due lati verticali, facendo passare per entrambi la corrente nel medesimo senso, e non vi fu più rotazione (*Fig.* 15). Quel moto era dunque dovuto al lato orizzontale superiore, dove la corrente si dipartiva in con-

trario dal punto di sospensione, e fu in seguito sperimentato, che appunto un conduttore orizzontale, dove la corrente sia in quel modo divisa, ruota di continuo. Adunque l' ipotesi dà un effetto che non avviene.

Finalmente, rispetto al teorema annunziato, dobbiamo avvertire col *Fusinieri*, che quantunque ogni punto della corrente mobile riceva un impulso in direzione parallela alla fissa, ciò non importa un moto parallelo a sè stesso di tutto il conduttore mobile, perchè gl' impulsi che ricevono i suoi punti più vicini alla corrente fissa sono maggiori di quelli che ricevono i punti più lontani; donde avviene una inclinazione invece che un moto parallelo alla prima posizione, e non vi è più la conservazione dell' angolo retto.

Quindi il teorema non è vero se non che nella supposizione che la corrente fissa sia tanto lontana dal conduttore mobile, e questo sia tanto corto in relazione a quella, da riuscire sensibilmente uguali le azioni della corrente fissa sopra tutti i punti del conduttore mobile: altrimenti in luogo del moto parallelo risulta un moto inclinato, e vieppiù, secondo che continua l' azione.

Ed ecco come l' idea di una corrente equatoriale distrugga l' idea di correnti vicine e sottoposte ai conduttori.

Le successive trasformazioni adunque implicano contraddizione fra di loro e danno risultamenti non confermati dall' esperienza, anzi contrarj alla medesima.

Oersted pensò che i movimenti dell'ago magnetico, sottoposto all'azione del filo congiuntivo, si debbano ripetere da una impermeabilità delle molecole magnetiche nel fluido elettrico, a differenza delle particelle di altri corpi, che si lasciano attraversare da questo fluido, e una tale azione non è ristretta al filo conduttore, ma ha intorno una sfera molto estesa di attività, che opera con giramento. Infatti, egli

dice, se questo non si supponesse, non sarebbe possibile concepire come quella medesima porzione del filo congiuntivo, che porta l' ago verso oriente, quando è posto al di sotto del polo magnetico, valesse poi a spingerlo verso occidente, quando è al di sopra di questo polo. Ma l' azione circolatoria è appunto di tal guisa che i moti da essa prodotti avvengono in direzioni precisamente contrarie nelle due estremità dello stesso diametro. E sembra ancora che il moto circolatorio combinato col moto progressivo nel senso della lunghezza del filo congiuntivo debba formare un genere di azione che si esercita ad elice intorno a questo filo come a suo asse.

Ammesso ciò, tutti gli effetti, relativamente al polo nord dell' ago, vengono spiegati, supponendo che la forza o la materia negativamente elettrica percorra una spirale piegata da sinistra a destra: ch' essa spinga il polo nord, e sul polo sud non agisca; così parimente spiega gli effetti sopra quest'ultimo, accordando a questa forza o materia elettrica positivamente un moto in una direzione contraria, la facoltà di agire sul polo sud e non sul polo nord.

L'accordo di una tal legge, conchiude *Oersted*, cogli effetti che si osservarono, si concepirà meglio col ripetere le esperienze, anzichè collo sforzarsi di sviluppare più a lungo la spiegazione. Io ho persuasione, che questi fatti i quali avvengono per mezzo d' aggiramenti possano contribuire allo schiarimento di quelli che hanno relazione a quanto vien detto *polarità della luce.* Con replicate esperienze mi sono convinto, che nel filo congiuntivo non avvi alcun punto di neutralizzazione delle due opposte elettricità; e che la materia negativa o positiva, non ha una virtù elettrica per un polo magnetico e indifferenza per l' opposto.

Wollaston e *Faraday* ammisero la forza vertiginosa o rivolutiva nel filo conduttore la corrente elettrica; e in loro sentenza le attrazioni e le ripulsioni non sono altro se non se tendenze al suddetto moto

rivolutivo reciproco. Anche il *Fusinieri* è di questa sentenza, e fece una serie di esperienze dirette a comprovare le tendenze ai moti rivolutivi.

Adoperò egli per elemento Voltiano una cassetta di rame parallelepipeda, lunga 13 centimetri, alta 10 centimetri e mezzo, e larga un centimetro e mezzo, con entro sospesa una lamina rettangola di zinco, lunga centimetri 11 $^1/_2$, larga 9. Il filo congiuntivo di rame, che partiva da una sponda della cassetta e andava allo zinco, era lungo 67 centimetri e grosso $^2/_3$ di millimetro. Adoperò acqua acidulata con $^1/_{50}$ di acido solforico, e $^1/_{30}$ di acido nitrico; e in seguito delle esperienze l' ha di mano in mano rinforzata.

Piegato tutto il filo conduttore in anello, ha collocata la cassetta con la sua lunghezza dal nord al al sud in modo, che era all'est la parte del filo che si congiungeva allo zinco, dove in conseguenza la corrente discendeva, ed ha ridotto il piano dell'anello pressochè perpendicolare al meridiano magnetico. Così era nella posizione che avrebbe presa per l' azione della terra.

Essendo il filo sottile e lungo, l' anello riusciva mobilissimo e molto pieghevole.

Perpendicolarmente al piano dell' anello e della parte di mezzogiorno, ha presentata una piccola barra magnetica parallelepipeda, col polo nord rivolto al nord, e vicino alla parte superiore dell'anello nel suo interno.

In quel modo il polo nord si trovava a sinistra della corrente, e doveva esservi attrazione. Infatti l'anello abbandonando la sua posizione verticale, s'inclinava alquanto verso l'interno della barra, cioè verso mezzogiorno; ma per essere mobilissimo e debole l' azione, in seguito oscillava col suo piano dal nord al sud, e viceversa.

Presentato invece nello stesso modo il polo nord della barra al lato esterno della parte superiore dell' anello, quel polo si ritrovava a destra della

corrente, e doveva esservi ripulsione. Infatti il piano dell'anello inclinavasi alquanto verso settentrione al di fuori della barra, e in seguito oscillava, come sopra.

In altri esperimenti, in luogo delia barra magnetica parallelepipeda, usò il *Fusinieri* una forte calamita a ferro di cavallo, presentando il suo polo nord rivolto al nord all' interno dell' anello e vicino alla sua parte superiore, e tenendo il polo sud all' esterno dell'anello, ma più distante, come importava la dilatazione delle branche della calamita. Il polo nord era così a sinistra della corrente, ed era assai forte l'attrazione; ma non in modo che il filo dell'anello si schiacciasse, quantunque assai mobile e pieghevole per recarsi perpendicolarmente verso il polo nord. Era invece un moto di traslazione dell'anello, conservando la sua figura, per cui si piegava verso mezzodì fra le branche della calamita, in modo da sorpassare il luogo del polo nord. Non oscillava, come nel precedente esperimento, e ciò perchè l'azione più forte lo manteneva in quella posizione inclinata.

Il polo sud, tenuto all' estremo dell' anello, era a destra della corrente, ed esercitava esso pure attrazione cospirante a far muovere l'anello fra le branche della calamita verso mezzogiorno; ma l' azione sua era più debole per essere più distante dal filo conduttore.

Ha presentato poscia il polo nord vicino all'esterno di quella parte superiore di anello col polo sud in alto, cioè esso pure fuori dell' anello. Allora il polo nord era a destra della corrente, e vi era evidente ripulsione. Ma invece che la parte vicina dell'anello si schiacciasse in virtù della sua pieghevolezza, per allontanarsi dal polo nord, si trasportava al di fuori; cosicchè l' anello prendeva una posizione inclinata verso settentrione, senza cambiare la sua figura, ed in quella posizione era mantenuto.

Fece lo stesso col polo sud della calamita, e gli

effetti furono contrarj; cioè presentando da mezzogiorno a settentrione il polo sud all' interno dell' anello vicino alla parte superiore, e col polo nord all'esterno, l' anello prendeva la posizione inclinata ripulsiva verso settentrione all' infuori delle branche della calamita, perchè il polo sud trovavasi a sinistra della corrente. A quest' azione ripulsiva concorreva il polo nord all' esterno dell' anello e a destra della corrente, ma più debolmente per essere più distante dal filo conduttore.

Presentato il polo sud all'esterno vicino alla parte superiore dell' anello, e col polo nord in alto, esso pure fuori dell' anello, allora questo prendeva una posizione inclinata attrattiva verso mezzogiorno, perchè il polo sud si trovava a destra della corrente.

In tutti i casi, quando la parte dell' anello era fra le branche della calamita, le azioni dei due poli erano cospiranti, o per l' attrazione o per la ripulsione, in virtù sempre della stessa legge.

Finalmente presentando alla parte superiore dell' anello la calamita da settentrione a mezzogiorno col polo nord al di dentro e col polo sud al di fuori, vi fu forte ripulsione, che spinse l'anello fuori delle branche della calamita in posizione inclinata verso mezzogiorno; perchè in tal caso il polo nord era a destra, e il polo sud a sinistra della corrente.

E presentando da settentrione a mezzogiorno la calamita all' anello, col polo sud di dentro e col polo nord di fuori, vi fu forte attrazione, che fece inclinare l' anello verso settentrione fra le branche della calamita, perchè il polo sud era a destra, e il polo nord a sinistra della corrente.

Da tutti questi esperimenti il sig. *Fusinieri* conchiude, che rimane confermato che le azioni reciproche fra i conduttori e le calamite ad angolo retto fra di loro sono tendenze rivolutive reciproche, e quindi attrazioni e ripulsioni soltanto apparenti, come *Faraday* le ha dichiarate. Sembra all' autore che non lasci su di ciò dubbio alcuno il fatto delle

inclinazioni dell'anello, molto mobile ora fra le branche della calamita, ora al di fuori, secondo che le azioni erano attrattive o ripulsive: e ciò sorpassando i luoghi dei poli senza cangiare la sua figura, benchè fosse molto pieghevole.

Ma tutti questi movimenti in mia sentenza non potranno giammai comprovare l'esistenza di un movimento veramente circolare fino a che un ago isolato non ruoti o d'intorno ad una spirale o d'intorno ad un filo congiuntivo; ma per quanto io abbia sperimentato, non vi sono mai riuscito. Il celebre fisico di Ginevra *De la Rive* trattando della dottrina Faradiana scriveva: Questa parte del suo lavoro lascia non ostante qualche cosa a desiderare, o non ha egli ben compresa negli effetti prodotti da questa influenza, la differenza che esiste tra un filo metallico isolato e quello che non lo è. Questa differenza frattanto deve esistere, e tutti quelli che fanno delle esperienze con questi fili possono agevolmente convincersene. La teoria di *Faraday* si appoggia sopra un fatto nuovo e curioso: ma egli importa di studiare con senno questo fatto, e di esaminare se tale movimento di rotazione è veramente un movimento circolare; di più, se egli è il risultamento dell'insieme di più azioni riunite. E probabilmente studiando con diligenza le forze che sono prodotte nell'elice solida, si perverrà a spargere qualche luce sopra di questo argomento interessante, ma difficile ed oscuro.

Egli è vero che l'elettrico si muove non in linea retta, ma in elice o a spirale, come io ho discoperto nell'arco luminoso della Pila Voltiana fra le punte di due carboni, e coll'andamento da sinistra a destra, posto l'osservatore come la figura Amperiana; ma questo movimento vorticoso non ha prodotto per anco un moto veramente circolare.

Barlow, nella seconda edizione della sua opera sopra le Attrazioni magnetiche, considerò la forza nel filo essere tangenziale ad ogni punto della sua su-

perficie; e *Sturgion* ne' suoi *Annali della elettricità e del magnetismo*, ammise essere sommamente probabile che questa forza sia identica con quella che costituisce le forze delle magneti ferruginose e della calamita; e riconobbe con *Barlow* essere tangenziali ai punti della superficie del filo congiuntivo. Egli non conobbe, fuori di questa forza, altra ipotesi che potesse applicarsi in tutta la generalità ai fenomeni elettro-magnetici. Secondo questo distinto elettricista, le forze tangenziali del filo conduttore terrebbero luogo delle forze di una calamita. In questa sentenza tutti i movimenti elettro-magnetici verrebbero rappresentati da questa formola generale: *Gli equatori magnetici tendono a mettersi nel medesimo piano verticale coi poli amici dalle medesime parti*: o sia, *l' asse della corrente tende a collocarsi sul piano dell'equatore magnetico della calamita col polo nord alla sinistra della corrente.*

Col mezzo di questa formola io rendo ragione di tutti i fenomeni elettro-magnetici. Essi sono in tre classi compresi, che riguardano l' azione reciproca fra correnti elettriche e calamite, fra correnti elettriche e fra correnti elettriche e il globo.

§ 88. *Dell' azione reciproca fra correnti elettriche e calamite.*

Noi vedemmo che col conduttore parallelo all'asse di una calamita, il polo nord declina alla sinistra della corrente; e la ragione si è che alla sinistra vi è il polo sud amico.

Col filo conduttore ad angolo retto all' asse di un ago magnetico, vi ha attrazione o ripulsione, secondo che il polo nord agente si trova a sinistra o a destra della corrente; e viceversa, vi ha attrazione o ripulsione, secondo che il polo sud agente si trova a destra o a sinistra della corrente. Ciò pure è una conseguenza necessaria della notata legge, che nel filo congiuntivo il polo sud è sempre alla sinistra della

corrente. Infatti allorchè il polo nord si ritrova a sinistra della corrente, sono in faccia due poli amici; e allorchè il polo nord si trova alla destra della corrente, abbiamo due poli dello stesso nome o nemici, che si guardano. Lo stesso è a dirsi allorchè il polo sud è a destra o a sinistra della corrente

Lo stato magnetico di una spirale rende pure ragione del magnetizzarsi degli aghi col polo nord alla sinistra della corrente; sempre alla sinistra vi è il polo sud; e noi sappiamo che i poli che si formano, seguono sempre questa legge: sono amici quelli delle parti che sono a contatto (§ 7).

Possiamo per egual modo render ragione di varj movimenti ottenuti da'fisici coll'azione reciproca delle correnti elettriche e di calamite. Io mi limiterò ai principali.

§ 89. A) *Dell' anello galleggiante di De la Rive.*

Si adatti alla parte inferiore di un galleggiante, come scorgesi nella Figura 21, un piccolo elemento Voltiano composto di una piastrina di zinco e di un'altra di rame, che comunichino fra loro coi capi di un filo di rame ricoperto di seta, piegato più volte sopra sè stesso a modo di anello. Per tal modo si ha il *galleggiante di De la Rive.* Il sig. *Marsh* suggeri al sig. dottor *Wollaston* di racchiudere l'elemento Voltiano *(Fig. 22)* in un sottil cilindro di vetro contenente l'acqua acidula, e di far galleggiare tutto il sistema in un bagno, rendendolo per tal modo più sensibile. La prima idea però di questo apparecchio è dovuta ad *Oersted* Nell' anello del galleggiante di *De la Rive,* noi abbiamo come un solenoide elettro-magnetico mobile, il cui equatore magnetico tende a mettersi nel medesimo piano verticale dell' equatore della calamita coi poli amici delle medesime parti. Non se n' ha che a fare l'analisi secondo la varia costruzione, per rimanere convinti.

§ 90. B) *Del molinello di Barlow, e del suono voltaico.*

Il molinello di *Barlow* è formato di una tavola orizzontale di legno, come si vede nella Figura 23, che ha tre incavi, l'uno in forma di coppa, il secondo circolare e il terzo in forma di vaschetta, e di una ruota a raggi di ottone o di rame mobile in mezzo alle branche di una doppia squadra, che sostiene la rotella sopra la vaschetta. Per mettere in movimento il molinello si opera a questo modo: Si riempie la vaschetta di mercurio in guisa che due raggi della rotella vi si possano immergere. Così parimente si riempiono di mercurio le due cavità R e Z. Alla rotella si presentano i due poli di una calamita a ferro di cavallo, per modo che possa liberamente in mezzo di loro girare, e si compie in R e Z il circolo con un elemento Voltiano. Se si supponga che la corrente positiva vada dalla vaschetta ai raggi della rotella, e che il polo nord della calamita sia alla sinistra dell'osservatore, che tiene davanti a sè la parte arcuata della magnete e che guarda la rotella e il sostegno, i raggi al basso si muovono verso la colonnetta, o sia si allontanano dalla magnete. Questo movimento, a dir vero, non è propriamente circolare. L'asse del molinello, allorchè la corrente è molto forte, spesso si slancia fuori dal pernio, per mettersi coi poli amici dalle medesime parti; o sono i poli amici dalle medesime parti, e il movimento continuo non è che una conseguenza delle ripetute attrazioni. Per vedere la perfetta corrispondenza tra gli effetti e la nota legge del magnetismo trasversale alla direzione della corrente elettrica, non si ha bisogno che di applicare al caso la figura Amperiana. Il molinello di *Sturgeon* è formato di un disco metallico, che si muove sopra un asse orizzontale.

Il giorno 13 febbraio, 1839, io mi recai all'Isola

di S. Lazzaro dai RR. PP. Armeni per istituire delle esperienze elettro-magnetiche. Possiedono essi una delle più belle raccolte d' istrumenti fisici che io conosca. Allo studio sublime della Divinità, congiungono quei Padri felicemente quello della natura, e rendono la sublimità della dottrina dei dogmi più augusta; e dai loro modi cortesi e gentili la virtù riesce più amabile e socievole.

Io esperimentava alla presenza dei *PP. Alessandro Beshiktash*, professore di fisica a S. Lazzaro, e *Raffaele Trenz*, professore al Collegio Armeno in Venezia, col molinello di *Barlow*. Non avea per anco avvicinata alla rotella la calamita, allorchè al compiersi del circolo, udii un suono che proveniva dalla vaschetta, nella quale pescava il reoforo del polo zinco, e continuò per qualche minuto secondo; all' aprirsi del circolo, si rinnovò il suono: l' esperimento venne ripetuto varie volte con felice successo. Qui v' ebbe senza dubbio un urto meccanico molecolare. L'elemento Voltiano di rame e zinco era di mediocre grandezza, montato con acqua acidulata con acido solforico, che dava effervescenza, di forma circolare, e con tappi di legno lo zinco era tenuto separato dal rame. Avendo poi collocata la calamita al luogo della rotella, che poteva liberamente girare fra i due poli, il suono si rinnovò nel modo il più cospicuo con un tremito molecolare, che vidi in tutta la rotella, simile a quello che si osserva in una molla che sia stata percossa.

I poli della magnete erano disposti in modo, che v' era fra loro e i raggi della rotella ripulsione. Due raggi pescavano nel mercurio della sottoposta vaschetta; uno era al di là dei poli magnetici, e l'altro al di qua del loro centro di azione. La rotella adunque trovandosi fra due forze ripulsive ed uguali era in equilibrio. I poli opposti si guardavano dal medesimo lato. Un tremito visibilissimo concepì in tutta la massa la rotella, accompagnato da un suono o da una specie di fremito acuto, che si udì ancora nel

vicino corritojo. La reazione adunque dei poli magnetici produceva un urto meccanico nelle molecole, che era la cagione delle loro vibrazioni. A questa medesima reazione si devono riferire i risultamenti ottenuti da *Page*, da *Linari*, da *Delezenne* e da *Kessler-Gontard*. Il primo fece una spirale piana di quaranta giri con un filo di rame coperto di cotone, e la sospese verticalmente: i capi del filo potevano essere posti in comunicazione con una batteria di una sola coppia. Avvicinava alla spirale un polo di una forte calamita a ferro di cavallo, oppure poneva la spirale fra i due poli senza toccarli. Ogni qual volta stabiliva o interrompeva il corso della corrente nel filo della spirale, sentiva un suono prolungato nella calamita. Convien dire che la corrente elettrica producesse un perturbamento nelle polarità della magnete, che al sopprimersi della corrente repentinamente si toglieva riordinandosi il magnetismo; sorgente del movimento intestino molecolare, e di una specie di fremito o suono, veduto ed udito da *Page*. Al riuscimento del fenomeno ricercasi, che la corrente voltaica sia energica. Se la pila si fiacca, cessa il suono, come osservò ancora *Linari* colle scariche ittioelettriche della torpedine. Gli esperimenti del suono furono rinnovati eziandio da *Delezenne*, professore di fisica a Lilla, facendo ruotare una corta verga calamitata fra le gambe di ferro dolce arcuato, senza il concorso della corrente Voltiana. *Kessler-Gontard* avendo chiusa una verga di ferro in un tubo di vetro circondato da un filo di un moltiplicatore, udì un suono squillante ogni qualvolta interrompeva il circuito elettrico. Ancor questo è un fenomeno dovuto ad uno scuotimento molecolare, prodotto dallo stato intermittente delle correnti.

§ 91. C) *Del reoforo ruotante intorno ad un polo magnetico.*

Il *Faraday* imaginò di sospendere in guisa un filo, che possa ruotare intorno ad un polo di una magnete nell' atto che per esso scorre la corrente elettrica, come prima avea pensato *Wollaston*. La disposizione è rappresentata dalla Figura 25. Egli in fatti ottenne dei giri del filo attorno al polo magnetico. *Faraday* risguardò questi moti come favorevoli alla ipotesi della forza vertiginosa del D. *Wollaston*. Ma *Barlow* e *Srurgion* dimostrarono che non sono questi giri movimenti veramente circolari, e che ricevono una compiuta spiegazione nella sentenza delle forze tangenziali.

Essi videro, ed io pure riconfermai, che allorquando la corrente è molto forte, il filo pendente spesso si getta fuori del mercurio, o s' interrompe il circuito: chiuso di nuovo il circolo, il filo riceve altro impulso, ed è nuovamente cacciato fuori del mercurio, ecc. Per una serie di questi impulsi, il filo progredisce attorno al polo magnetico, e così forma una specie di moto circolare saltatorio. Ma se la corrente non è forte, il filo non è mai spinto fuori del mercurio, ed il giro si forma in un modo invariabile.

Se si pone mente a questi moti saltatorj, si vede che la forza magnetica trasversale del filo conduttore, e la forza longitudinale della spranga magnetica, concorrono in tutti i casi a dare una tendenza di collocare l'asse della corrente sul piano dell'equatore magnetico della calamita, precisamente come nel galleggiante di *De la Rive*. È in conseguenza del modo di sospensione, e dei ripetuti sforzi di collocare l' asse della corrente sul piano dell' equatore magnetico, che risulta il giro di quella corrente e del filo pendente ch' ella attraversa.

Il giro molto uniforme della corrente elettrica in-

torno al polo della magnete si ottiene dividendola in due, come è espresso nella Figura 25. L' esperimento originario è dovuto ad *Ampere*. L' apparato è rappresentato dalla Figura 26, costituito di una verga magnetica parallelepipeda, e di un elemento voltiano rame e zinco di forma circolare. Lo zinco a modo di vasca contiene l' acqua acidulata, e il rame in forma di anello pesca in essa, ed è mobile intorno ad un pernio, che deve essere buon conduttore dell' elettrico che si sviluppa dalla coppia Voltiana. In Inghilterra, come riferisce *Sturgeon*, l' esperienza fu variata in una maniera piacevolissima, come è rappresentato dalla Figura 27. Per questa disposizione le ruote girano nel mercurio, mentre tutto il sistema si porta intorno alla magnete; e quello che sembra più singolare in questa esperienza, si è che le ruote girano nel mercurio nella direzione opposta a quella, in cui si muoverebbero sopra un suolo solido o sopra una strada per trasferirsi nella loro orbita intorno al centro magnetico nella medesima direzione progressiva. L' apparato mobile si muove d' intorno alla magnete dalla destra alla sinistra, mentre le ruote girano sui loro perni nella direzione delle frecce. Altre modificazioni furono fatte nell' apparato Amperiano da *Marsh*.

§ 92. D) *Di una magnete ruotante d' intorno al proprio asse.*

Il sig. *Watkins* ottenne il moto di una spranga magnetica d' intorno al proprio asse essendo essa percorsa da una corrente elettrica dal suo equatore ad un polo, o da correnti elettriche dall' equatore ai due poli. La Figura 28 indica la disposizione della magnete, e la direzione della corrente. La verga magnetica si muove dalla destra alla sinistra dell'osservatore che guarda la calamita. Questa rotazione fu ottenuta anche da *Sturgeon* con qualche modificazione dell'apparato. Il sig. *Sturgeon* ebbe ad avvertire

che i giri della magnete sul suo asse si eseguiscono nella stessa direzione de' suoi giri intorno a un fisso conduttore quando la corrente elettrica ha la stessa direzione in ambedue i casi. Dal che conchiude, sembrargli molto probabile, che amendue i fenomeni sieno prodotti da uguali influenze di due sistemi delle forze magnetiche; d'onde inferisce che la corrente elettrica debba necessariamente traversare l'asse della magnete ed agire sul magnetismo del suo esteriore, e che l'asse dell'acciaio sia non solamente l'asse del sistema magnetico, ma ben anche l'asse della corrente elettrica; e che il movimento non sia che un effetto dell'azione reciproca fra le forze magnetiche ed elettro-magnetiche. Partendo egli da queste idee, costruì un sistema di magneti fissate al centro del filo conduttore, ed ottenne un movimento giratorio. Le calamite sono fissate al filo centrale mediante un anello di rame, che passa pel loro equatore magnetico, il quale è isolato dalla magnete ed è in connessione metallica col filo di mezzo. Nella Figura 29 è espressa la divisione della corrente dell'equatore magnetico ai poli, sostenuta da un elemento Voltiano costituito di una tazza di rame, e di un cilindro cavo di zinco isolato, immerso nell'acqua acidulata.

I fenomeni adunque di questa classe, conchiude *Sturgeon*, risultano da una serie di reciprochi sforzi tra le forze magnetiche dell'acciaio e quelle del filo conduttore, per mettere l'asse dell'ultimo nel piano dell'equatore del primo. Io non mancherò di osservare, che il *Daniell* notò che quando la fiamma esce da un polo magnetico, ella acquista in una maniera brillante un movimento continuo di rotazione; ma io ripiglierò che non è un movimento che accquista per la magnete, ma bensì un movimento progressivo a spirale proprio dell'arco luminoso, come io ho discoperto.

Io convengo pienamente con questo principio, ma solo in luogo di collocare la corrente elettrica sul-

l' asse della magnete o del filo congiuntivo, la colloco precisamente alla sua superficie, in conformità di quanto si conosce intorno all'elettrico; e con la legge da me determinata, che il polo sud è sempre alla sinistra della corrente, ne prevedo i movimenti. Così nella Figura 28 il movimento è dalla destra alla sinistra dell' osservatore che guarda l' apparato; ma esso, collocato nella posizione della figura Amperiana, colla faccia rivolta alla magnete, e colla corrente diretta dai piedi alla testa, trova allora alla sua nuova destra il polo nord elettro-magnetico, che respinge il nord della magnete, e alla sua nuova sinistra il polo sud elettro-magnetico, che attrae il polo nord della calamita. Abbiamo adunque due forze tangenziali, che cospirano a produrre il movimento pel medesimo verso. Nella disposizione della Figura 29, collocata la persona nell' asse del filo congiuntivo e colla faccia rivolta alla magnete, per la nota legge deve muoversi la calamita dalla sua destra alla sua sinistra; perchè alla destra vi sono i poli repellenti, e alla sinistra i poli attrattivi: rispetto adunque ad un osservatore esterno, che guarda l'apparato, il sistema si muove pure dalla destra alla sinistra. Io posso adunque conchiudere in generale, che il movimento *è nella direzione dei poli nimici ai poli amici.* Non si ha in tutti i casi che a far l' analisi della disposizione delle calamite, e della direzione della corrente.

§ 93. E) *Delle spirali elettro-magnetiche di Watkins.*

L' apparecchio delle spirali elettro-magnetiche di *Watkins* consiste come si vede nella Figura 30, in una calamita cilindrica fatta a ferro di cavallo, sostenuta coi poli rivolti in alto da una base munita di viti, colle quali si può mettere l' apparecchio a perfetto livello. Scorgonsi nella parte inferiore delle due braccia due vaschette di bosso, che si riempiono

di mercurio, le quali non comunicano colla calamita, e due piccole coppe per istabilire la comunicazione coi reofori di un elemento Voltiano. Nella sommità i due poli hanno una leggiera cavità per ricevere un perno formato di filo di platino, avente al di sopra un piattello dello stesso metallo, al quale è raccomandata una spirale, che nel suo andamento ascendente va da sinistra a destra. Ne' due piattelli si versa un po' di mercurio e si fanno comunicare fra di loro con un' asta orizzontale, la quale termina in punta da toccare il mercurio, e lasciar libero il movimento alla spirale. Ciascuna delle due spirali mette capo con la estremità inferiore nell'annessa vaschetta ripiena di mercurio. Ora si supponga che il polo della calamita, che è a destra di chi osserva l'apparecchio, sia il sud, e che la corrente ascenda in R e discenda in Z, il movimento in amendue le spirali sarà da sinistra a destra dell'osservatore. Ciò è una conseguenza delle polarità magnetiche, che abbiamo superiormente scandagliate nelle spirali. Le forze tangenziali al polo N, al basso devono operare come attrattive da sinistra a a destra, e all'alto come ripulsive nella stessa direzione. Lo stesso deve avvenire all' altro polo S: al basso vi è la forza tangenziale nord, attraente il sud, e all'alto la forza tangenziale sud, repellente il polo dello stesso nome della magnete.

§ 94. F) *Del movimento del mercurio scoperto da Davy.*

Humprhy Davy ha scoperto un movimento del mercurio prodotto dalla sola elettricità, sul quale la calamita esercita una grande influenza. Egli prese due fili di rame del diametro di due linee, intieramente coperti di cera spagna, ad eccezione delle loro punte ch' erano perfettamente pulite. Ei li fece passare tutti e due, come vedesi nella Figura 51, attraverso il fondo di un vaso di vetro, a tre pollici

di distanza l' uno dall' altro ; poi versò del mercurio nel vaso finchè il metallo sormontò da un dodicesimo ad un decimo di pollice dalle estremità dei fili. Ciò fatto, compiuto il circolo con una forte batteria Voltaica, il mercurio s' innalzò sopra le loro estremità, e formò dei coni di un dodicesimo od al più di un decimo di pollice, dalla sommità dei quali partivano delle onde in tutte le direzioni, di maniera che non eravi in riposo che il punto ove queste incontravansi. Passando il polo di una calamita alla distanza di alcuni pollici sopra uno di questi coni, esso si deprimeva, diveniva più largo, e l'ondulazione diminuiva. Se si accostava ancor più la calamita, la superficie del mercurio diveniva piana, e il metallo cominciava a girare d' intorno ad essa ; il qual movimento diveniva più rapido a proporzione che si avvicinava maggiormente la calamita : quando poi questa giungeva vicinissima alla superficie del mercurio, si vedeva comparire nel luogo ove prima trovavasi il cono un incavo vorticoso. Questa esperienza venne ripetuta con lo stagno fuso in luogo di mercurio, e si osservarono gli stessi fenomeni. Questi movimenti sono una conseguenza delle polarità trasversali di sopra determinate.

§ 95. G) *Del globo elettro-magnetico del Nobili.*

Questo globo porta il nome in alcune scuole di *Barlow*, perchè nella Biblioteca universale di Ginevra se ne diede la descrizione come di un apparecchio messo in azione all' *Istituzione di Londra* il 26 maggio del 1824 dal dottor *Birkbeck*, che ne avea avuta l'idea dal professore *Barlow*. Ma prima dei due fisici inglesi lo avea imaginato il *Nobili* due anni innanzi. Ecco come egli si esprimeva in un' opera pubblicata sino dal 1822. « Niun istrumento rappresenta il magnetismo terrestre meglio di una palla sferoidale vestita all' intorno di un filo metallico, che faccia i suoi giri nella direzione dei paral-

leli, e comunichi al solito co' suoi capi all' estremità zinco e rame di un apparato Voltiano. Reca realmente piacere l'osservare come bene su questa palla l' ago magnetico si diriga ai poli, e come esso tenda fortemente ad inclinarsi verso la superficie appena passa dalle zone equatoriali alle polari: è questo uno di quegli istrumenti che parlano in pari tempo all' occhio ed allo spirito. Questi movimenti dell'ago sono una necessaria conseguenza delle polarità e dell'equatore magnetico dei solenoidi (*Fig.* 32). »

Il globo di *Nobili* e *Barlow* venne modificato da *Sturgeon*.

§ 96. H) *Della magnetizzazione.*

La magnetizzazione avviene costantemente con questa legge, che il polo nord si forma sempre alla sinistra della corrente, perchè alla sinistra della corrente costantemente si ritrova il polo sud. Noi discenderemo in alcuni particolari all' articolo IV di questo capo, ove si vedrà che i risultamenti avuti dal *Savaray* non ne sono che una conseguenza necessaria.

§ 97. *Dell' azione reciproca delle correnti elettriche.*

Noi abbiamo veduto che le correnti poste in diretto, che vanno nel medesimo senso, si respingono, e si attraggono se vanno in senso opposto. La ragione si è che nel primo di questi due casi sono vicini i poli nemici o dello stesso nome, e nel secondo sono vicini i poli amici o di diverso nome. È da questo stesso principio che ne deriva: I. Che le correnti parallele e dirette nello stesso verso si attraggono: II. Che le correnti parallele aventi direzioni opposte si respingono; III. Che due correnti che vanno verso il vertice, o amendue se ne allontanano, si attraggono; IV. Che si respingono se una delle correnti è diretta al vertice e l' altra si allontana.

Tutti i movimenti giratorj ottenuti dall' *Ampere* e dal *Savary*, de' quali parla diffusamente il *Demonferrand*, e rappresenta con speciali figure nella tavola seconda del suo *Manuale di elettricità dinamica*, derivano necessariamente da quanto abbiamo esposto in questo articolo.

Noi qui ne riferiremo le conclusioni:

a) *Una corrente finita, che si avvicina ad una corrente indefinita, tende a retrocedere rispetto a quest' ultima*, vale a dire a trasportarsi in senso opposto alla direzione della corrente indefinita; perchè da questo lato le correnti si avvicinano, e dall' opposto si allontanano.

b) *Una corrente finita che si allontana da una corrente indefinita, tende a muoversi nella direzione di quest' ultima.* Noi abbiamo in questo caso che la disposizione dell' andamento delle correnti è opposto a quello del caso precedente (*Fig.* 33).

c) *Due correnti indefinite per la loro azione scambievole si muovono attorno alla loro perpendicolare comune, fino a che si riducono parallele e dirette nel medesimo senso* (*Fig.* 34).

d) *Un conduttore mobile indefinito sottoposto all'azione di un conduttore fisso finito, va nel senso della elettricità allorchè la corrente finita si avvicina al conduttore indefinito, e in senso contrario, allorchè la corrente finita si allontana* (*Fig.* 35). Ciò è un corollario della legge che ammette ripulsione fra le parti attigue della stessa corrente, perchè si trovano vicini i poli nemici, come abbiamo esposto.

Io mi limito a fare questa esperienza col modello rappresentato dalla Figura 36. Sopra una tavoletta rotonda, che poggia sopra tre viti di ottone, si dispone un parallelogrammo di fili A B, i capi de' quali possono comunicare coi poli rame e zinco nei punti R e Z di un apparato Voltiano. Nel centro della tavoletta avvi un truogoletto circolare diviso in due da un tramezzo di vetro nel piano del parallelogrammo de' fili fissi. Si riempiono di mercurio i due

canaletti semicircolari, e si fanno comunicare in R′ Z′ coi poli rame e zinco d'un altro apparato Voltiano. Nel centro della tavoletta sorge un perno fermo in X ed O, che porta il sistema de' fili CD, EF, GH, i quali possono muoversi d'intorno al loro asse comune, le estremità de' quali comunicano col mercurio dei due canaletti semicircolari. Chiunque esamini il movimento che prende il sistema dei fili mobili, ritroverà che ciascun filo è sollecitato da quattro forze, due attrattive e due ripulsive, secondo che le correnti nel parallelogrammo e nel filo camminano nel medesimo senso o in senso opposto. Allorchè ciascun filo mobile trovasi nel piano del parallelogrammo fisso, è in uno stato naturale, e il sistema si muove per la continuazione della ricevuta velocità, e per l'azione degli altri fili.

§ 98. *Dell'azione reciproca delle correnti elettriche e del globo.*

Desormes ed *Hachette*, nel 1805, tentarono di riconoscere la direzione che prende una Pila elettrica orizzontale composta di 1480 coppie sottili di rame, stagnate allo zinco, del diametro del pezzo di 5 franchi. Collocata questa pila sopra un galleggiante, non prese alcuna direzione determinata, sebbene una spranga di acciajo magnetica dello stesso peso, collocata sullo stesso galleggiante si dirigesse. Questa direzione fu ottenuta da *Ampere* e *De la Rive*, come abbiamo di sopra riferito.

Noi vedemmo che una corrente verticale, mobile soltanto attorno un asse verticale, tende a collocarsi in modo, che il piano che la unisce al suo asse sia perpendicolare al meridiano magnetico, e a fissare sè stessa all'ovest se è ascendente, all'est se è discendente; perchè in queste due posizioni le forze elettro-magnetiche si equilibrano con le polarità telluriche: una corrente orizzontale tende a muoversi in tutte le posizioni parallela a sè stessa, recandosi

alla sinistra dell'osservatore per l'effetto delle doppie polarità boreali ed australi telluriche; e una corrente che si diparte dal punto di sospensione ai due lati ruota continuamente perchè quella che è all' ovest è sollecitata da una forza ripulsiva boreale, e quella che è all'est da una forza attrattiva parimente boreale, prevalenti alle due forze attrattiva e ripulsiva australi. Il galleggiante finalmente di *De la Rive* ed i solenoidi di *Ampere* e di altri fisici si dirigono come una calamita per la nota tendenza di portare i poli amici dalle medesime parti (*Fig.* 37). Tutto adunque è un effetto del magnetismo trasversale delle correnti elettriche, le quali si dispongono in modo da portare i poli amici come farebbe una calamita rispetto ad un' altra. Queste direzioni telluriche si ottennero ancora da *Cumming* e da *Sturgeon* con le spirali piane.

ARTICOLO IV.

§ 99. *Delle circostanze che modificano i fenomeni elettro-magnetici della corrente Voltiana.*

Le circostanze che modificano l' intensità dei fenomeni elettro-magnetici, possono essere in due parti divise: nella prima si comprendono quelle che riguardano l'ampiezza delle deviazioni galvanometriche; nella seconda quelle che si riferiscono alla magnetizzazione.

§ 100. A) *Delle circostanze risguardanti l'ampiezza delle deviazioni galvanometriche.*

Queste circostanze vogliono essere studiate in ordine all'istrumento indicatore le deviazioni Oerstediane, al filo congiuntivo, e all' apparato Voltiano generatore la corrente elettrica.

§ 101. *Dei Moltiplicatori.*

Schweigger professore ad Halla, imaginò un istrumento assai interessante chiamato *moltiplicatore elettro-magnetico*, mediante il quale si rendono sensibili all' ago calamitato le più tenui correnti. Come il condensatore è l'istrumento più geloso elettro-statico, così il moltiplicatore è l'istrumento più squisito elettro-dinamico. Esso è costituito ordinariamente di un filo di rame sottile circondato di seta, formante una specie di spirale solida parallelepipeda, la quale al suo centro ha sospeso sopra un pernio un ago di declinazione. La spirale è composta (*Fig.* 38), per le correnti Voltiane, fino di tre mila spire. Sarebbe utile per la scienza di conoscere in tutte le circostanze quale sia la lunghezza del filo in ordine al diametro dello stesso e all' apparato Voltiano, che torni il più vantaggioso. Questo vuol essere frutto di somma pazienza e di non lievi dispendj. Tale istrumento venne chiamato dal sig. prof. *Configliacchi*, di cui gli amici della scienza ne piangono l'inaspettata perdita, *elettro-passometro*, ossia misuratore della quantità dell' elettrico che passa in un dato tempo dalla sezione di un filo; dal *Ritchie* venne detto *galvanometro* o *galvanoscopio*; *reometro* dal *Peltier*.

I principali fisici di Europa rivolsero la loro attenzione a questo prezioso istrumento, e per varia guisa lo modificarono. In tutti, ad eccezione di quello del mio illustre collega e concittadino *Zamboni* (*Fig.* 39), l'ago è mobile e fermo il filo. Egli suole usare delle calamite fatte a ferro di cavallo, nei poli delle quali entrano le spirali del filo mobile percorso dalla corrente Voltiana.

Ritchie in luogo di equilibrare l' ago magnetico sopra la punta di un perno, lo sospese ad un sottilissimo filo di seta, come si vede nelle Figure 40 e 41; e per tal modo rese l' istrumento a torsione.

Altri fisici pensarono di rendere gli aghi calamitati insensibili all' azione direttrice del magnetismo terrestre, perchè fosseró squisiti nei loro movimenti all' azione deviatrice della corrente elettrica.

Cumming, imitando il metodo di *Hauy* del doppio magnetismo pose un ago magnetico stabile sotto a quello mobile. Il *Nobili* applicò il sistema degli aghi astatici di *Ampere* al moltiplicatore, e così rese il galvanometro indipendente dalla forza direttrice del globo. I due aghi di ugual magnetismo, uniti insieme coi poli dell' uno vicini a quelli di nome opposto dell' altro, non hanno di per sè stessi tendenza alcuna a dirigersi. Questa modificazione è stata la più importante per la scienza, e fu sorgente di effetti inaspettati. Il galvanometro è rappresentato dalla Figura 42, della quale amo riferire la descrizione autografa del *Nobili*, che possiede il Gabinetto di Fisica dell' I. R. Liceo di Venezia che porta la data del 18 ottobre, 1833.

F F fondo di legno traversato da tre viti di ottone, che servono al solito ufficio di livellare l'istrumento.

T T telajo, intorno a cui è avvolto il filo moltiplicatore. Questo telajo è fissato stabilmente sopra un piattello i i mobile intorno al perno p. Questo perno traversa il fondo F F e gira mediante il meccanismo di rotazione r R, a cui è applicato.

G G coperchio del fondo F F.

s n, n′ s′ aghi astatici liberamente sospesi al meccanismo di sospensione m m′.

e e′ cordone di filo di rame in cui sono infilzati gli aghi n s, n′ s′.

c c circolo graduato sopra un cartoncino. Esso è fissato al telajo col mezzo di quattro puntine di avorio. Verso una delle divisioni segnate 90° il cerchio è traversato da una colonnetta d' avorio h, che ha un dente, sotto il quale s' impegna, quando occorre, l'ago superiore n s. Questa specie di cavicchia presta un altro servigio, impedisce cioè agli aghi magnetici di torcere il filo di sospensione col girarvi più volte d' intorno.

A A A campana di vetro che copre l' istrumento.

S S S squadra di ottone fissata stabilmente al fondo F F.

M M' meccanismo di sospensione portato dalla squadra S S. Questo meccanismo traversa la campana, che è a tal uopo traforata nel mezzo; v v vite che serve a chiudere il meccanismo di sospensione contro la campana A A A.

f f indica una delle estremità del filo conduttore avvolto al telajo. Questa estremità passa attraverso il piattello i i e il fondo F F; vi ha uno spazio vôto tra questi due pezzi, perchè il filo f f non deve discendere a dirittura dal dinanzi del telajo alla cavicchia x x: deve fare un giro di due o tre pollici di sviluppo sotto il piattello i i, per formare colà una specie di anello, che ceda al meccanismo di rotazione r R e lo secondi per 90 e più gradi da amendue le parti.

Z Z squadra di comunicazione destinata a ricevere i fili congiuntivi ed a completare comodamente i circuiti coll' introdurla dentro all'imboccatura y y.

Avvertenze.

Il fondo F F si carica ordinariamente di un cerchio di piombo, affinchè la macchinetta acquisti sotto un tal peso la stabilità necessaria. Suolsi in allora tracciare sul cerchio una freccia che corrisponda al dinanzi del telajo e che serva ad orizzontare l'istrumento. Questo peso di piombo è traforato ne' luoghi che hanno a corrispondere alle viti di livello ed alle due imboccature y y per dare passaggio alle squadre o piuoli di comunicazione z z ".

I galvanometri si spediscono alla loro destinazione coll'indice n s impegnato sotto il dente della cavicchia h. Per disimpegnarlo si leva il cerchio di piombo; s' apre la vite v v; si leva la campana AAA; si alza in fine la colonnetta h quanto basta per liberare l' ago dal dente che lo teneva obbligato. Si ri-

mette in seguito tutto al suo posto. Gli aghi magnetici poggiano ancora contro il telajo; si lasciano così ne' piccoli viaggi, e finchè non occorre di servirsi dell' istrumento. Quando si vuole adoperarlo s' incomincia ad orientare la macchinetta, voltandola in guisa che la freccia scolpita sul cerchio di piombo guardi con la sua punta il nord come un ago da bussola. Si sospendono in seguito liberamente gli aghi astatici, girando la piccola vite K e livellando convenientemente il fondo F F.

Quando gli aghi sono liberi, e si osserva dove si fermano, e siccome hanno da corrispondere alla divisione 0°, vi si riducono col girare il bottone R, e rettificando il livello se occorre.

I fili conduttori sono d' argento o di rame coperti al solito di seta. Quando sono di rame, tutta la matassa che copre il telajo esercita d' ordinario un debole magnetismo sopra le coppie di aghi astatici che oltrepassano un certo grado di sensibilità. Non riesce in allora a fissare stabilmente i due aghi sulla linea dello 0°. Si fermano invece un poco a dritta o a sinistra. Questa piccola deviazione è una delle prove maggiori della squisitezza dell'istrumento.

L' esperienza ha dimostrato, che si possono fare dei lunghissimi viaggi senza che si rompa il filo di sospensione. I fili che si traggono dal bozzolo sono doppi: è uno solo dei due quello che va impiegato a sostenere i due aghi. Quando avvenga il caso che si rompa, è facilissima cosa rimetterne un nuovo, dopo di avere estratti i due aghi dal telajo. La maggior cura che si deve avere nel rimetterli si è che i due aghi sieno, come prima, ben paralleli fra loro, e ben equidistanti intorno all'asse di rotazione.

Vi sono due specie di questo galvanometro. L'uno serve per le correnti termo-elettriche e l' altro per le idro-elettriche. Le due specie non differiscono che nel filo moltiplicatore, il quale è molto più grosso e più corto per le correnti termo-elettriche che per le idro-elettriche. Il *Nobili* con ripetuti esperimenti si

è convinto che il filo di platino esercita sul sistema astatico una debole azione, e che il filo d'argento non ha alcuna influenza. Non solo gli aghi si riducono in presenza dei fili d'argento, sulla linea centrale del telajo e vi si mantengono, ma di più la loro sensibilità diventa sei volte maggiore di quella che spetta agli aghi circondati dal filo di rame.

Il sig. dottore *Gherardi*, attuale professore di fisica nella Pontificia Università di Bologna, propose alcune modificazioni al galvanometro del *Nobili* con la fiducia di renderlo più sensibile. Egli volle in sostanza raddoppiare il sistema del *Nobili*, impiegando due moltiplicatori e quattro aghi magnetici; pensò collocare i moltiplicatori l'uno al di sopra dell'altro, mentre i quattro aghi venivano portati da una stessa paglia, che traversava i telaj; i due estremi de' quali, l'uno al di sopra del telajo superiore, e l'altro al di sotto del telajo inferiore, rimanevano allo scoperto. I giri del filo intorno ai due telaj erano condotti in modo da agire nello stesso senso sopra i quattro aghi inversalmente calamitati.

Il *Nobili* osservò che venne anche a lui l'idea di queste due coppie; ma che l'abbandonò appena concepita, perchè s'avvide che conveniva assai meglio raddoppiare il filo all'unico telajo del suo moltiplicatore di quel che duplicare tutto il rimanente; poichè si otteneva così dallo stesso impiego di filo un doppio effetto, non avendosi a muovere che una sola coppia di aghi in luogo di due.

Lo stesso sig. *Gherardi* propose un'altra modificazione, e si fu di levare dal galvanometro a quattro aghi i due estremi, affine di lasciar sussistere i soli due di mezzo coperti ciascuno del proprio moltiplicatore. Questa soppressione parve al *Nobili*, senza dubbio, utile; ma tuttavia priva del vantaggio di avere uno dei due aghi in situazione di servire da indice. Egli è vero, come notò lo stesso *Gherardi*, che si può ripararvi aggiungendo in luogo scoperto un indice leggerissimo fatto di materia non magne-

tica; ma il *Nobili* ripetè, che non si può aggiungere peso, per lieve che sia, senza nuocere notabilmente alla bontà dell' istrumento.

L' idea di un moltiplicatore con quattro aghi fu eseguita dal *Le Baillif;* i poli son disposti come nella Figura 43; ma l'esperienza comprovò, che un moltiplicatore a quattro aghi non può essere così squisito, come quello a due.

Il prof. *Marianini* istrutto dalla legge di *Biot* e di *Savart*, giusta la quale *la forza direttrice di una corrente lineare indefinita sull' ago calamitato è in ragione inversa della semplice distanza*, da cui *La Place* ed altri dedussero, che *l' azione di ciascuna molecola del filo congiuntivo su ciascuna molecola australe o boreale dell' ago segue la legge della ragione inversa del quadrato della distanza*, propose il suo moltiplicatore, il quale differisce dagli altri principalmente perchè il filo metallico invece di essere avvolto al telajo a modo di orditura, è avvolto in guisa che tutti i tratti del filo che passano o sopra o sotto dell' ago s' incrocicchiano fra loro nel mezzo (*Fig.* 44). Il *Marianini* con numerose esperienze ha verificato e convinto gl' increduli, che il suo istrumento paragonato coi moltiplicatori a fili paralleli, a parità di circostanze, cioè quando sia uguale il numero di rivoluzioni che il filo galvanometrico fa attorno dell' ago, uguale la leggierezza, la mobilità ed *astaticità* dell' ago stesso, e più squisito degli altri.

Per far servire il galvanometro a sperimentare sopra correnti di maggiore forza di quelle per le quali naturalmente serve, il *Marianini* aveva proposto di sostituire aghi più pesanti; ma, oltre che nel fare questa sostituzione v' ha sempre notabile perdita di tempo, ha pure osservato, che se la differenza nel peso degli aghi è piccola, la squisitezza dello stromento cangia pochissimo per questa sostituzione; se poi l' ago che viene sostituito è molto pesante, esso è così lento nelle sue deviazioni, che

non può indicare la vera forza della corrente che invade il filo, poichè innanzi che l'ago calamitato compia la sua deviazione, la corrente è già notabilmente diminuita. Ha pensato perciò di adattare sul coperchio circolare della scatola e precisamente alle estremità di un suo diametro, due piccole aste metalliche ciascuna delle quali è munita di una viera che va a sfregamento: a queste viere è raccomandato un filo metallico teso, il quale sporge da ambe le parti per qualche decimetro. Così disposto il filo, e collocato che sia il coperchio in maniera che la parte del filo tra le due aste riesca parallela all'ago calamitato, ecco che il galvanometro è semplice, la squisitezza del quale può variare allontanando o avvicinando all'ago il detto filo mediante le viere a cui è raccomandato.

Avvi per altro una gran differenza tra la squisitezza di sì fatto galvanometro quando si adopera come moltiplicatore, e quella di cui è dotato quando si adopera come galvanometro semplice mediante il detto filo. E perciò v'hanno molte correnti elettriche per le quali il moltiplicatore non giova perchè troppo squisito, ed il semplice filo neppure perchè lo è troppo poco. Occorrendo adunque di sperimentare intorno a siffatte correnti intermedie, il *Marianini* ridusse l'istrumento ad essere *semi-moltiplicatore* nel modo seguente.

Un piccolo telajo di legno è foggiato quasi come un ferro di cavallo, ma avente all'estremità di ciascuna gamba un allargamento normale al piano del telajo ed arcuato all'esterno. A questo si avvolge il filo metallico coperto di seta, in modo che le sezioni che vanno da una gamba all'altra s'incrocicchiano nel mezzo, ma poi si avvolge nella curvatura del telajo scavata in forma di gola senza più incrocicchiarsi. Ed anche qui i due capi del filo sporgono per qualche decimetro per poter servire a stabilir le comunicazioni fra i poli degli elettromotori. Questo telajo fornito in tal guisa del filo, si raccomanda

anch' esso alle astine piantate sul coperchio della scatola, e si può avvicinare od allontanare dal coperchio stesso valendosi dei medesimi anelli scorsoi, e ciò per accrescere o diminuire secondo il bisogno la squisitezza dello stromento.

In questo galvanometro munito di siffatti semplici congegni noi abbiamo uno stromento, il quale serve a sperimentare sopra correnti debolissime, e sopra correnti di somma gagliardia, non che su quelle di forza mediocre. Si può ancora moderare la squisitezza del galvanometro col girarlo alquanto, e per conseguenza far sì che la corrente attraversando il filo operi sull' ago obbliquamente. Ma operando in tal guisa, che pure qualche volta torna comodo, convien ricordarsi di far deviar l' ago sempre dalla stessa parte nelle esperienze di confronto, perchè se esso va verso il filo, segna per la stessa corrente una deviazione più forte che non quando si muove nell' altro senso. Allorchè il *Majocchi* nel 1838, proponeva il suo galvanometro universale o a forza variabile, essenzialmente formato di due fili e di un ago di declinazione, che può essere avvicinato ed allontanato dai fili, si era intieramente dimenticato di quanto avea fatto il *Marianini*, il quale di più, per uso della scolaresca, avea immaginato ed eseguito fino dal 1826 anche un galvanometro a fili incrocicchiati, in cui l' ago si muove in un piano verticale. Il galvanometro del *Majocchi* vale per le comuni esperienze delle deviazioni Oerstediane a distanza variabile, come ha riconosciuto ancora l'elettricista *Walker;* ma per esso la galvanometria non si è avanzata di un passo: anzi in confronto di quello che fece il *Marianini* dodici anni prima, ha indietreggiato. Le produzioni del sig. *Majocchi*, per lo più o sono erronee o retroattive. Noi ne abbiamo dato delle prove positive nella prima parte di questo Trattato; altre pure confermeranno pienamente la stessa proposizione. Crediamo di prestare un utile servizio alla pubblica istruzione con questo franco e coscienzioso avvertimento.

La galvanoscopia si è perfezionata in Francia per opera del valente e indefesso macchinista sig. *Gourjon*, conservatore dei modelli alla Scuola Reale Politecnica di Parigi. I suoi moltiplicatori sono i più squisiti e i più perfetti che possieda la scienza. Essi sono costruiti di un filo non magnetico, di un sistema di aghi, che pesa da sette a otto centigrammi e che fanno una oscillazione in sessanta o settanta secondi. Quelli che servono per le indagini delle correnti Voltiane e della elettricità atmosferica sono formati di 2500, a 3000 giri, e il diametro del filo è di 10 à 15 centesimi di millimetro. Un diametro maggiore del filo renderebbe la spirale troppo grossa, e molte rivoluzioni del filo sarebbero di troppo lontane dagli aghi. Pei galvanometri termo-elettrici, usa un filo del diametro di cinque decimi di millimetro, che s' avvolge da cento a duecento giri. Queste diversità si devono ripetere dalla somma differenza che vi ha nella resistenza de' metalli a ricondurre l'elettrico per la via delle saldature nelle quali esso si sbilancia. Così per le coppie d' oro e di platino, d' oro e d' argento, rame e zinco, è migliore un filo più corto; col bismuto e l' antimonio si può usarlo fino di 200 giri, principalmente se la Pila è di 30 a 40 coppie. Se si fa uso di una o di due coppie, 80 a 100 giri si prestano meglio che 200 a misurare l' elettricità prodotta da una temperatura di due o tre decimi di grado.

Per indicare la direzione della corrente ha scolpito, dove s' impiantano i reofori, le lettere a, b; e sul quadrante si legge, la corrente entra per a, ovvero per b, secondo che la testa dell' ago declina verso A, o verso B. Una importantissima modificazione ha introdotto il *Gourjon* nel suo galvanometro a filo lungo (*Fig.* 45). Se si riuniscono a e b, si ha un galvanometro di 1500 giri a filo semplice. È lo stesso, se si riuniscono a′, b′. Riunendo insieme le due a, a′ ed i due b, b′ si ha un galvanometro a filo doppio di 1500 giri. Riunendo poi a′ con b

lasciando liberi a e b', si ha un galvanometro a 3000 giri con filo semplice.

Anche il *Melloni* ha cercato di perfezionare il galvanometro con una specie di compensatore magnetico, col quale egli fa variare a volontà la squisitezza dell' istrumento, e lo può sempre ricondurre a zero gradi. Questo compensatore consiste in una verga calamitata collocata orizzontalmente in modo, che il suo asse coincida coll' azimut in cui rimane immobile il sistema astatico degli aghi, e precisamente nella direzione della linea intermedia dei due aghi. Questa verga trovandosi ugualmente lontana dai poli conjugati, il sistema astatico sollecitato da due forze uguali e contrarie, rimarrà nel suo stato di equilibrio. Supponiamo ora che la verga, rimanendo sempre nel piano degli aghi, sia fuori della linea di mezzo, in modo che l' estremità anteriore si trovi più vicina all' ago calamitato in senso contrario; l' equilibrio magnetico sarà tosto turbato, il sistema più fortemente attratto verso lo zero, e le oscillazioni accelerate. E siccome si può avvicinare e allontanare la verga con somma lentezza e fissarla in una posizione qualunque, così niente di più agevole di collocarla in un modo da accrescerne la velocità conveniente, e a rendere meno sensibile il sistema all' azione delle correnti elettriche e alle vicissitudini atmosferiche. Inversamente procedendo, ha potuto il *Melloni* accrescere la squisitezza dell' istrumento. Egli collocò la verga compensatrice all' esterno, in guisa che avesse a riuscire la sua azione sopra uno de' poli omologhi predominante; col quale artefizio comunicò necessariamente alla parte mobile una ripulsione più o meno grande, e diminuì l' intensità della forza che richiama il sistema allo zero. La possibilità di moderare la eccessiva squisitezza diviene con questo mezzo, per così dire, indefinita, purchè si adoperi una verga calamitata bastantemente forte; ma l' aumento di sensibilità ha un limite dipendente dal grado di com-

pensazione stabile, che può acquistare il sistema astatico. *Rumkorf* ha perfezionato questo metodo. Egli prese due piccole verghe calamitate, di circa otto centimetri di lunghezza, mobili d'intorno all'asse al centro dell'arco del circolo diviso, e coi poli vicini di nome contrario: allorchè le due verghe son verticali, la loro azione è nulla a una distanza qualunque su tutti i punti situati al di sotto, ed a mano che le due verghe si allontanano, si aumenta la sensibilità del galvanometro (*Fig.* 46).

Ma, a rigore parlando, con tutti questi miglioramenti il galvanometro non è tuttavia che un galvanoscopio. Quale è la forza effettiva della corrente in ciascun grado? i galvanoscopi sono comparabili? Devono essi partire da punti fissi, ed essere uniformi a sè stessi, e paragonabili con altri, per divenire istrumenti di misura che soddisfino ai bisogni della scienza. Il *Nobili* dopo aver creato il galvanoscopio astatico pensò ancora a ridurlo galvanometro. Altri fisici, come il *Becquerel*, il *Marianini*, il *Peltier*, il *Joule*, si occuparono di questo interessantissimo argomento: io ne riferirò i risultamenti fondamentali delle loro sapienti investigazioni.

Prima di tutto è a notarsi, che il galvanometro, come osservò il *Nobili*, non misura che la corrente che passa pel suo filo. Bisogna adunque con altri galvanometri vedere se v'ha residuo. Una Pila, per esempio, di 12 elementi della superficie di ventiquattro a trenta pollici, passa tutta per un solo filo. L'ago dev'essere di un dato peso, ed avere un noto magnetismo da fare 20 a 32 oscillazioni per minuto; e il filo di un dato metallo, di una grossezza determinata e di una determinata lunghezza e collocato a conosciuta distanza dall'ago magnetico. Tutti questi elementi devono essere bene determinati per avere dei moltiplicatori paragonabili. Ove si tratti poi di sistemi astatici, oltre la natura, diametro, lunghezza e distanza del filo moltiplicatore, il peso e l'astaticità degli aghi e la forza di tor-

sione del filo, sono altri elementi che devono essere a tutto rigore conosciuti.

Rispetto poi alla paragonabilità dei gradi è da avvertire, che l'azione di una corrente è perpendicolare alla linea di propagazione; e perciò l' effetto massimo ha luogo allorchè l' applicazione di questa forza è perpendicolare all' asse dell' ago, vale a dire allorchè l' asse dell' ago e la corrente sono paralle. L' effetto riesce nullo, allorchè l' ago è perpendicolare alla direzione della corrente coi poli amici dalle medesime parti, perchè allora non v' ha che attrazione. E perciò quantità eguali di elettricità aggiunte successivamente non producono aumenti eguali sulla deviazione dell' ago calamitato, avvegnachè l' applicazione della loro forza divenga sempre più inclinata alla perpendicolarità dell' ago. Dall' altro lato, ove s' adopri un solo ago l' azione del magnetismo terrestre, aumentando colla deviazione, fa sì, che riescano minori i risultamenti delle quantità successivamente aggiunte. E perciò l' angolo di deviazione non può essere proporzionale alla forza deviatrice, in modo che a doppio angolo corrisponda precisamente una doppia forza: non vi ha che una specie sola di reometri che abbia delle deviazioni proporzionali alle forze, cioè quello ch'è fondato sul principio di un secondo ago perpendicolare al primo, il quale rientra verso la corrente nel medesimo tempo che il primo se ne allontana: il magnetismo di questi aghi è tale, che l' azione del magnetismo terrestre e quella della corrente riunite, aumentano in proporzione sull' ago rientrante, e diminuiscono invece sull' ago che esce. Per tal modo si può avere una proporzionalità assai vicina fino a 70°; ma ancor qui si ricerca che gli aghi sieno di una egual forza magnetica. *Becquerel* e *Peltier* fecero conoscere dei metodi sperimentali per costruire delle tavole, che rappresentino le quantità di correnti, corrispondenti alle deviazioni dell' ago; ed ora si tiene da' fisici, che le tangenti

degli archi di deviazione sieno presso a poco, ma non esattamente, proporzionali alla quantità della corrente che attraversa il filo; al quale oggetto fu proposta la bussola dei seni o delle tangenti (*Fig.* 47). Essa è composta di un circolo di 4 a 5 decimetri di diametro fornito di una fettuccia di rame della larghezza di 5 millimetri, che si avvolge a più giri, i quali sono ben coperti di seta. Questo circolo, che viene percorso dalla corrente, è collocato verticalmente sopra altro circolo orizzontale, che viene percorso dall' ago della bussola sospeso a più fili non attortigliati nel centro della campana. Il centro dell'ago coincide col centro del circolo della corrente. Allorchè l'ago è corto rapporto al raggio del circolo, l' intensità della corrente si misura dalla tangente di deviazione.

§ 102. *Del filo congiuntivo.*

Il *Nobili* ebbe a scoprire, che le correnti termoelettriche calano notabilmente a misura che si allunga il loro circuito. La legge della loro diminuzione è complicatissima, come ebbe occasione di assicurarsi in più maniere, ma particolarmente ricercando qual era la quantità de' giri, che conveniva di far fare ai fili de' moltiplicatori per produrre il *massimo* effetto. Egli vide, che questo massimo risponde ad un certo numero di giri: tanto un maggiore che un minor numero pregiudica alla sensibilità dell' istrumento. Per le correnti idroelettriche osservò, che non ha luogo alcuna limitazione di filo. In fatti quanto più egli ebbe a moltiplicare i giri intorno al telajo, tanto più crebbe il loro effetto sull' ago dell' istrumento. Una differenza così decisa ripetè il *Nobili* dalla conducibilità del filo congiuntivo, la quale è sempre molto imperfetta per le correnti termo-elettriche dotate di pochissima tensione, e poco meno che perfetta per le correnti idro-elettriche

dotate al contrario di una tensione molto più considerevole. Pare però che anche per le correnti idro-elettriche vi debba essere un limite, in cui la somma delle forze tangenziali si equilibra con la diminuzione di forza prodotta dalla crescente distanza dei fili degli aghi magnetici e dalla resistenza originata dalla lunghezza del filo. Non fu che per le correnti idro-elettriche al di sotto di un certo grado di forza, che il *Nobili* pel primo notò il completo passaggio tanto pel circuito di un solo moltiplicatore quanto pel doppio circuito di due.

Il *Becquerel*, ed i fisici inglesi *Cumming*, *Barlow*, *William Ritchie*, osservarono che la lunghezza del filo congiuntivo, a cose uguali, diminuisce l'ampiezza delle deviazioni dell'ago, e che il diametro maggiore del filo per converso concorre ad accrescerla; ma questa diminuzione non fu sempre trovata accadere con una legge costante. Da alcune esperienze del *Martanini* si rileva non esservi sempre proporzionalità tra la diminuzione dell' ampiezza delle deviazioni galvanometriche e la lunghezza del filo congiuntivo. Allestì questo illustre fisico tre coppie uguali, in una delle quali la piastra di zinco comunicava con quella di rame per un sottil filo metallico lungo mille metri: e in ciascuna delle altre due coppie il filo che metteva in comunicazione il rame con lo zinco era lungo cinquecento metri. Il tutto era disposto in modo, che facilmente poteva togliersi quella comunicazione, e sostituirne una non più lunga di quattro o cinque millimetri. Or bene, quando le comunicazioni metalliche fra zinco e rame erano formate dai fili corti, la deviazione che la Pila produceva nel galvanometro era di 20 gradi, e quando ai fili corti si sostituivano i lunghi, non era che di quattordici.

E secondo le esperienze del sig. prof. *Magrini*, parrebbe che la lunghezza del circuito avesse ad influire sull' infievolimento delle correnti secondo una legge costante di decremento, che è la seguente:

l' energia delle correnti Voltiane sull' ago calamitato sta nella ragione inversa dei quadrati delle lunghezze dei circuiti; e perciò per deviare l' ago di uno stesso numero di gradi ad una lunghezza doppia, tripla, quadrupla, ecc., di circuito, si richiede un numero doppio, triplo, quadruplo di elementi; e quindi si può stabilire, che il numero degli elementi segue la ragione semplice diretta della lunghezza del circuito per ottenere prossimamente la stessa declinazione.

Finalmente il sig. prof. *Luigi Pacinotti*, fece numerose ed accurate esperienze sull' azione del circuito nella intensità della corrente elettrica generata da un elettromotore elementare. Esse risguardano la lunghezza e il diametro del filo interpolare o congiuntivo. Egli impertanto, rispetto alla lunghezza, ha conchiuso: I. *che quando si tratta di una corrente idro-elettrica molto debole, l' allungamento del filo non produce nessun effetto:* II. che *quando la corrente è di mediocre forza, la resistenza è proporzionale alla lunghezza del filo conduttore:* III. che *quando la forza diviene più grande, la resistenza cresce in proporzione maggiore della lunghezza del filo.*

Rispetto al diametro del filo interpolare raccolse: I. che *la diminuzione di grossezza del filo produce maggiore indebolimento nella corrente idro-elettrica, che non l' aumento di lunghezza:* II. che *rimanendo costante la somma della grossezza dei conduttori e quella della loro lunghezza, si ha costante intensità nella corrente:* III. che *in un conduttore uniforme, raddoppiando per un certo tratto o triplicando il conduttore, non varia l'intensità della corrente idro-elettrica, anche nel luogo ove è raddoppiato o triplicato il conduttore;* e in generale *un ingrossamento parziale del conduttore non aumenta l' intensità della corrente.* Anche queste deduzioni, conchiude saggiamente il *Pacinotti*, non mi sembrano conformi alla conseguenza che il *Pouillet* ha tratto dalla teoria

di *Ohm*, che *la intensità della corrente sta in ragione diretta alla grossezza del filò metallico e in ragione inversa alla sua lunghezza.*

§ 103. *Dell' Apparato Voltiano.*

L' ampiezza delle deviazioni galvanometriche sono ancora in strettissima relazione cogli elementi dell' Apparato Voltiano. Di questa verità noi andiamo debitori allo stesso *Oersted:* « On obtient, dice egli, l' effet par un seul arc galvanique de zinc et de cuivre, qui a pour conducteur fluide une liqueur d' une grande force conductrice, par exemple, un composé d' une partie d' acide sulfurique, autant d' acide nitrique et 60 parties d' eau. On peut même prendre le double de l'eau, sans diminuer beaucoup l' effet. Si les surfaces des deux métaux sont petites, l' effet l' est aussi; mais il augmente à mesure, qu' on augmente les surfaces. Une lame de zinc de 6 pouces quarrés, plongée dans une caisse de cuivre qui renferme le conducteur liquide, dont j' ai parlé, produit déjà un effet considérable; mais un arrangement semblable, dont la lame de zinc a 100 pouces quarrés, agit sur l' aiguille aimantée avec une telle force. que l' effet est encore trés sensible à la distance de 3 pieds, même lorsque l' aiguille n' est pas fort moble. Je n' ai pas vu de plus grand effet d' un appareil galvanique composé da 40 élémens semblables, et même l' effet m' en a paru moins grand. Si cette observation, que je n'ai pas répété exprès, est juste, je penserai que la petite diminution de la faculté conductrice, qui résulte de l'augmentation des élémens de l'appareil, affaiblit son effet électro-magnétique. »

Tali risultamenti vennero tosto riconfermati dal *Configliacchi*, e dal *Marianini*. Questi fisici stabilirono, che i *fenomeni Oerstediani sono proporzionali alla maggior quantità di elettrico che nel più breve*

spazio di tempo attraversa l' arco conduttore che congiunge i poli dell' Apparato Voltiano, e perciò alla superficie dell' Apparato semplice. Di questa legge arrecò il *Configliacchi* la seguente ragione: quando è chiuso il circuito Voltiano con un filo metallico di sufficiente grossezzza relativamente alla corrente elettrica in ogni parte dell'Apparato, la tensione è distrutta, e dopo un breve intervallo di tempo, la corrente che passando per l' arco circola in tutte le coppie elettromotrici non è che la quantità di elettrico messa in movimento da una di queste coppie.

Sarei inclinato a credere, dice il sig. *Michelotti*, che la chimica scomposizione dei corpi succeda in ragione della intensità; che le deviazioni dell' ago calamitato, le attrazioni delle correnti omogenee e del ferro succedano in ragione della rapidità delle correnti elettriche: mentre l' intensità o sia saturazione magnetica dell' ago corrisponde piuttosto alla quantità del fluido, che istantaneamente gli viene trasmesso. Che se confrontando gli effetti elettromagnetici di elettromotori semplici a piastre piccole con quelli di elettromotori a piastre molto grandi, non veggonsi segnir esse in ragione delle superficie elettromotrici, egli è perchè i fili congiuntivi lasciano oziosa una porzione della corrente elettrica, non conducendola colla debita celerità.

Sopra questo interessante argomento con rara maestria sperimentale tornò il prof. *Marianini*. In due suoi importantissimi scritti, ne'quali dopo avere riconfermato che l' azione sull' ago magnetico esercitata dagli Apparati idrometallici è direttamente proporzionale alla loro superficie, e che non cresce col rendere l'apparecchio elettromotore da semplice composto, o sia col crescerne il numero delle coppie, ha conchiuso:

I. Che *a pari circostanze i conduttori umidi contribuiscono a far variare negli elettromotori la loro influenza sulle calamite in proporzione del maggiore*

o minor grado di loro conducibilità, perchè la quantità di elettrico costituisce la forza elettro-dinamica:

II. Che *non s' induce alterazione di sorta negli effetti elettro-magnetici variando la massa delle piastre, ove costante rimanga la superficie:*

III. Che *torna vano l' accrescere le superficie elettromotrici se non si estenda d' altrettanto lo strato umido fra esse collocato.*

IV. Che *l' effetto elettro-magnetico è prossimamente proporzionale entro certi limiti, alle superficie della piastra di rame.*

Anche il sig. *M. G. Moll*, professore di fisica all' Università di Utrecht, riconfermò quanto avea ottenuto *Oersted* e verificato i due fisici italiani. Egli con un elemento Voltiano, la cui superficie zinco era di 3600 centimetri quadrati, immerso in acqua acidulata formata con un sessantesimo di acido solforico e di acido nitrico, ebbe una deviazione maggiore che non coll' apparecchio di 120 coppie di un decimetro quadrato formato alla *Novellucci*, che avea potenza di decomporre la potassa e di far ardere il carbone; e con un' altra batteria Voltaica formata di 36 coppie ottenne lo stesso effetto, che ebbe da sole diciotto coppie della stessa. Allo stesso risultamento pervenne ancora il *Peltier*.

Il sig. prof. *Configliacchi* non mancò di osservare a qual vantaggio potesse tornare la maggiore tensione degli apparati nelle declinazioni magnetiche. Egli notò che la maggior tensione è giovevole, quando i contatti non son perfetti fra l' arco ed i poli della Pila, quando nella formazione entra in tutto o in parte un conduttore di seconda classe più imperfetto di quello che è frapposto all' una ed all' altra coppia elettromotrice; perchè la tensione residua giova ad aprire il passaggio alla corrente elettrica attraverso quegli imperfetti conduttori. È in conformità di questo principio della scuola di Pavia, che dobbiamo intendere i seguenti risultamenti avuti dal *Pacinotti:* I. Che *la corrente aumenta d' inten-*

sità al crescere del numero degli elementi fino a un certo termine: II. *Che dopo non si ha ulteriore aumento e si mantiene costante, forse quando la coibenza del liquido e del conduttore metallico distrugge l'aumento di forza elettromotrice:* III. *Che allorchè il conduttore metallico è molto corto si raggiugne presto il punto ove la coibenza del liquido supera l'effetto della forza elettromotrice, e che allora al crescere degli elementi diminuisce l'intensità della corrente:* IV. *Che il limite dell'aumento della corrente si trova dopo un maggior numero di elementi, quando il liquido offre minor resistenza.*

E questi risultamenti pure non rispondono alle vedute speculative, o alle teoriche de' matematici; anzi vi ha molta differenza fra l'esperienza e la teoria, come notò lo stesso *Pacinotti.* Il che pare provenga e dal non avere ben computata la resistenza che incontra la corrente elettrica nell'attraversare nella Pila alternativamente i liquidi e i solidi, l'influenza delle polarità che si formano, e la resistenza del filo interpolare. Io credo che tutti questi elementi non potranno giammai essere ridotti a dati precisi o numerici; e perciò non mai a dati numerici potrà essere ridotta la quantità dei residui; del che si ha una prova nei tentativi e negli sforzi fatti dal *Nobili,* allo scopo di determinarne la legge. La corrente elettrica soggiace ad uno stato vibratorio e remittente, come comprovano i fenomeni della scintilla elettrica bene esaminati: stato vibratorio e remittente che soggiace a incessanti modificazioni. A questi medesimi risultamenti pervenne ancora il sig. prof. *Botto* a Torino.

§ 104 B) *Delle Circostanze risguardanti la magnetizzazione delle Correnti Voltiane.*

Queste circostanze devono essere istudiate nell' elettrico condotto ed indotto, alle quali terranno dietro alcuni cenni sulla telegrafia elettro-magnetica, e sulla applicazione di questa forza alla meccanica.

§ 105. *Della magnetizzazione prodotta dall' elettrico condotto.*

Il primo saggio di queste esperienze elettro-magnetiche devesi senza contrasto alcuno all' Italia. Il sig. conte *Morozzo*, morto nel luglio 1804, aveva fatto fino dai primodj della scoperta Voltiana una esperienza, i risultamenti della quale lasciò scritti in una Nota, che a verbo noi qui riferiamo: « Negli ultimi giorni, egli dice, del dicembre 1803, mi venne l' idea di tentare un' esperienza affatto nuova, cioè di vedere se per mezzo della Pila galvanica potessi giugnere a comunicare la virtù magnetica agli aghi, nel modo stesso che si può darla ad essi per mezzo della macchina elettrica. Ho adunque formato la Pila di 36 dischi d' argento ed altrettanti di zinco. Ho posto un ago di acciajo, appuntito da ambe le estremità, sopra una sottile lastra di rame, la quale era attaccata al disco di zingo inferiore, che formava la base della colonna; l' ago era posto nella direzione del meridiano, quindi una estremità dell' arco conduttore sul disco d' argento che era all' estremità della Pila, con l' altra ho toccato la punta nord dell' ago; in seguito ho messa di nuovo la palla del conduttore sullo stesso disco superiore d' argento, e con l' altra estremità del conduttore ho toccato l' ago nella punta sud. Questa operazione non durò che un mezzo minuto. L'ago fu calamitato, si dirigeva ai due poli, attraeva la limatura di ferro ecc. Aghi più grossi furono calamitati ugualmente. Sono

giunto a calamitare degli aghi, senza servirmi dell' arco conduttore, ponendo semplicemente l' ago sopra una lastra di zinco. Con due Pile di trenta dischi, ponendo una piccola spranga di acciajo di due linee in quadrato sulla lastra di argento della seconda colonna, avendo fatto comunicare dalla base di zinco della prima Pila un filo di ferro che toccava la punta della spranga, questa fu in egual modo fortemente calamitata, e sospesa liberamente si diresse verso i poli. Adunque il fluido galvanico, alla maniera dell' elettrico, ha la proprietà di comunicare agli aghi la virtù magnetica della polarità. »
Nel 1806 il chimico *Mojon* pubblicò aver messo aghi da cucire lunghi due pollici in comunicazione coi poli di una Pila a corona di tazze, e dopo venti giorni averli trovati ossidati e dotati di polarità magnetiche; ma in questi esperimenti non s' indicò la legge, a seconda della quale avveniva la polarizzazione. Nel 1820 l' *Arago* vide, che non solo i fili di ferro dolce e di acciajo divengono magnetici allorchè fanno parte del circuito Voltiano, ma ben anco gli altri metalli e specialmente il rame, l' argento ed il platino sottoposti alla stessa azione. Vide egli pure che la limatura di ferro viene attratta dal filo congiuntivo e che si dispone trasversalmente formando degli anelli concentrici; la quale ricade all' istante che la corrente elettrica si sospende. Non osservò egli lo stesso fenomeno colla limatura di rame e di ottone, e colla segatura di tavola e di altre sostanze: dai quali effetti conchiuse dover esistere una forza magnetica nel filo congiuntivo percorso dalla corrente Voltiana. Queste esperienze vennero tosto ripetute da varj fisici d' Italia, senza farvi nessun' aggiunta. A Pavia dal prof. *Configliacchi*; a Firenze dal prof. *Gazzeri*, marchese *Ridolfi*, cavaliere *Antinori* e *Bardi*; a Roma dal prof: *Barlocci*, colla cooperazione ed assistenza dei signori professori *Morichini*, *Carpi*, *Folchi*; a Torino dal sig. dottore *Vittorio Michelotti*. Questi

distinti fisici avrebbero almeno potuto notare, che anche nei fili congiuntivi sottili la limatura nella linea longitudinale e superiore del filo si compartisce e lascia una linea e quasi un solco ben distinto. Questo fenomeno io costantemente osservai usando un elemento Voltiano di rame e zinco della superficie di 20 piedi quadrati, e montato con acqua di mare acidulata con acido solforico. Da questo fenomeno sarebbero stati guidati a non ammettere l'esistenza degli anelli concentrici, che posteriormente dalle mie esperienze venne dimostrata falsa, come superiormente ho esposto, determinando lo stato elettro-magnetico del filo congiuntivo.

§ 106. *Della magnetizzazione prodotta dall'elettrico per induzione.*

Arago ed *Ampere* collocando degli aghi di acciaio entro spirali formate di fili metallici vestiti di seta, le estremità delle quali comunicavano coi due poli dell' apparato Voltiano, ottennero una facile e completa magnetizzazione, e determinarono le leggi di polarizzazione in ordine alla direzione della corrente e all' andamento della spirale; e perciò con un medesimo filo formate successivamente due spire opposte, e introdotti due aghi di acciaio, si hanno magnetizzazioni coi poli inversi. Così una spirale diretta da sinistra a destra e percorsa da una corrente positiva nel suo naturale andamento, induce il polo sud al suo principio, e il polo nord al suo fine, cioè il polo che si dirige al mezzodì e a settentrione della terra. La magnetizzazione avviene inversamente, se la spirale è diretta da destra a sinistra; in una parola, il *polo nord si forma alla sinistra della corrente*, come ho esposto al principio di questa sezione.

I tre ricordati fisici italiani, *Gazzeri*, *Ridolfi* e *Antinori* osservarono, che gli aghi di acciaio che si collocano all'esterno della spirale, prendono polarità

inverse a quelle che acquistano gli aghi collocati all' interno. *Davy* con una pila formata di 12 coppie alla Novellucci o alla Wollaston di quattro pollici quadrati, i cui poli erano chiusi con un filo congiuntivo, che menava la corrente elettrica nella direzione nord e sud, ha veduto che collocata una barra perpendicolarmente alla direzione del filo, si magnetizzava e che aveva il polo nord all' ovest e il sud all' est. Tutte queste esperienze rispondono perfettamente alla formola sovraesposta; il *polo nord si forma alla sinistra della corrente.*

Ma il *Savary* in un suo importante lavoro ha notato più casi, ne' quali si manifestano le polarità negli aghi in una direzione inversa a quella stabilita dalla formola anzidetta; di più osservò delle alternative di magnetismo opposto a distanze diverse dal conduttore rettilineo. E perchè la cognizione di una legge costante di magnetizzazione è utilissima in molti casi, così in un mio lavoro ho determinato, che allorquando la spirale è indossata agli aghi e risponde loro perfettamente in lunghezza, *il polo nord sempre si forma alla sinistra della corrente;* ossia *le polarità che prendono gli aghi involti nelle spirali elettro-magnetiche, sono sempre quelle dell'imboccatura e dell' esterno adiacente.* La costanza di questa legge fu dimostrata variando l' ampiezza dell'elemento fino a 20 piedi quadrati di superficie; impiegando semplice acqua salata e molto acidulata con acido solforico ed acido nitrico; variando la massa degli aghi da calamitarsi, la loro tempera, la lunghezza, il diametro e la natura del filo congiuntivo. La magnetizzazione avveniva ordinariamente in un istante. Ho detto ordinariamente perchè vi sono dei limiti oltre i quali la magnetizzazione non appare. Con un filo di rame della lunghezza di 88 centimetri e del diametro di $^1/_2$ millimetro, la magnetizzazione fu distintissima; e con filo dello stesso diametro lungo 5 ^{m} 88 ^{c}, l' effetto fu nullo: e così pure con un filo del diametro di un millimetro e lungo

14 metri, ed un elemento di 20 piedi quadrati di superficie montato con acqua di mare. Ugualmente con una spirale formata da un filo lungo 25 centimetri e del diametro di $^1/_2$ millimetro non ebbi magnetizzazione da un dato elemento; ed apparve distinta con filo del diametro di un millimetro, della stessa natura e lunghezza del precedente. Finalmente usando acqua di mare, ebbi talvolta debolissimi effetti di magnetizzazione, da riuscire inapprezzabili. Sostituita all'acqua di mare, acqua acidulata da produrre effervescenza, apparvero i fenomeni di magnetizzazione i più chiari.

Sebbene io abbia verificato che nelle circostanze, nelle quali un elemento Voltiano è sufficente a magnetizzare un ago di acciaio in un modo sensibile, basta alla produzione del fenomeno che il contatto duri quanto occorre al salto della scintilla, come ne convengono tutti i fisici; tuttavia osservai che la durata ha un'influenza distinta in due casi: I quando l' elemento Voltiano è debole; II quando la massa dell' ago da calamitarsi non può essere nella prima invasione della corrente magnetizzata a saturazione. Conobbi in questi due casi che la replicata azione della corrente concorre a rinvigorire il magnetismo, e a render più durevole lo stato della magnetizzazione (1).

Pare che *Sturgeon* di Woolwich nel 1825 abbia imaginato per il primo di magnetizzare cilindri di ferro dolce piegati a guisa di ferro di cavallo, avvolgendoli a spirali di rame, i capi delle quali comunicavano coi poli di zinco e rame di un elettromotore. Questi, secondo che la corrente elettrica scorre o si arresta, acquistano o perdono le proprietà magnetiche; e perciò formano delle *calamite temporarie* a differenza delle permanenti, delle quali supe-

(1) *Zantedeschi, relazione storico-critica sperimentale sull' elettro-magnetismo*, *Venezia coi tipi del Gondoliere, pag.* 47-54.

riormente ho detto. Le polarità avvengono colle stesse leggi delle permanenti; ma in queste per la loro speciale natura si osservano i seguenti fenomeni, che furono notati dal citato scrittore, e tosto riconfermati da *Moll* professore ad Utrecht.

I. La velocità colla quale ha luogo la magnetizzazione è rapidissima, e la forza magnetica è massima allorchè la corrente sussiste; ma interrotta che sia, a poco a poco s' infievolisce.

II. Cangiata la direzione alla corrente, il magnetismo si distrugge; il che viene manifestato dalla caduta del peso: e si rinnova in ordine inverso colla rapidità della luce.

III. In tali esperimenti, sostenendo con le mani il grimaldello dell' armatura si esperimenta, all' atto che si magnetizza o si inverte la polarità, una pressione esercitata dal magnetismo sul grimaldello, ed una tale sensazione che non si può esprimere in parole.

IV. La forza magnetica, che acquista il cilindro foggiato a modo di ferro di cavallo, non si può accrescere a piacere: ma giunta ad una certa vigoria, più non aumenta adoperando un Apparato Voltiano più attivo,

V. Con cilindri di rame, attorno a' quali *Sturgeon* avvolgeva spirali di ottone e di ferro, non ottenne effetto di sorta.

§ 107. *Della costruzione delle Calamite temporarie.*

Nella preparazione di una calamita temporaria conviene avere riguardo alle seguenti circostanze: I alla qualità del ferro; II alla forma più conveniente di esso: III al metallo da preferirsi per fare le spirali; IV al diametro da darsi al filo di esse; V al modo di avvolgerle sul ferro; VI all' influenza del numero delle loro elici; VII all' isolamento di esse dal ferro; VIII. alla forma migliore da darsi all' àncora; IX alla proporzione da conservarsi fra l' elettromotore e la calamita.

La scienza è debitrice in tutti questi ritrovati alla perspicacia del valente fisico ab. prof. cav. *Dal Negro*, di cara ed onorata memoria.

I. *Alla qualità del ferro.* Si è osservato che la magnetizzazione è tanto maggiore, quanto più il ferro è dolce e raffinato; cosicchè il prof. *Dal Negro*, che studiò a lungo tale argomento, stima potersi dal grado di forza, con cui il ferro temporariamente si calamita, conoscere il grado di purezza e di raffinamento di esso. Invano tentò il dotto fisico di Padova di ottenere colla elettricità nel ferro un magnetismo permanente. Lo arroventò mentre era investito dalla corrente elettrica, poscia lo tuffò nell' acqua fredda; ma appena interruppe il circuito, la maggior parte del magnetismo svanì, e la piccola porzione che rimase, intieramente dileguossi col tempo.

Esperimentò il lodato professore l' azione del fluido elettrico sull' acciaio non temperato, e trovò che questo acquistava una forza magnetica assai minore del ferro, ma che, a differenza di quello, rimaneva debolmente magnetizzato in modo da portare il proprio peso; fece ancora molti altri esperimenti sull' acciaio temperato, e da tutti venne in chiaro, *che il miglior ferro per fare le calamite temporarie è il più puro e il più dolce.*

II. *Alla forma delle calamite.* Sino dai primi momenti che il sig. prof. *Dal Negro* si occupava del magnetismo temporario, erasi accorto che la figura delle calamite temporarie influisce sulla forza magnetica, che acquistano col mezzo di una corrente elettrica; ed io ne parlai tosto in un mio scritto particolare che venne riprodotto nei giornali d'oltramonte, come nella Biblioteca Universale di Ginevra, nel Bullettino di *Ferussac*. La scienza deve al prof. *Dal Negro*, e non ad altri, i seguenti risultamenti, che io amo di riferire a verbo come trovansi registrati nella sua Memoria sul *Dinamo-Magnetometro*, i quali perfettamente risposero alle mie esperienze.

« Se si prendono, e'dice, due verghe di ferro dolce incurvate al solito, ugualmente lunghe, ed eguali in peso, ma che l'una abbia una figura cilindrica, e parallelepipeda l'altra, cosicchè la sezione trasversale della prima sia un cerchio, e un quadrato quella della seconda, queste due verghe di ferro avvolte da spirali di un egual numero di spire, ed assoggettate all'azione dello stesso elettromotore, acquistano forze disuguali, cioè la forza attraente, che riceve la calamita temporaria cilindrica riesce costantemente maggiore di quella, che acquista la prismatica. » Di questa proprietà si è l'autore assicurato coll'esperienza, adoperando calamite di varie grandezze, e cangiando l'efficacia degli elettromotori.

Non occorre però dar mano alla esperienza per assicurarsi che una calamita cilindrica riesce più efficace della prismatica, poste nelle sopra accennate circostanze; giacchè dalle note proprietà delle correnti elettromagnetiche si può trarre la dimostrazione della testè accennata differenza.

E nel vero, sapendosi che l'efficacia di una corrente somministrata da un dato elettromotore diminuisce crescendo la lunghezza del filo congiuntivo, ne segue che ciascuna spira dell'elice avvolta intorno alla calamita prismatica dee riuscire meno attiva di ciascuna spira dell'elice, che investe la calamita cilindrica.

Difatti nel caso nostro, in cui cioè ciascuna calamita dee essere ugualmente lunga ed egualmente pesante, la geometria ci assicura, che il perimetro della sezione trasversale della calamita parallelepipeda riesce maggiore nel perimetro della sezione trasversale cilindrica. Dunque l'efficacia della corrente, che circola intorno la calamita prismatica, deve risultare minore di quella che scorre per l'elice cilindrico, in conseguenza di che la calamita cilindrica deve acquistare una forza maggiore della prismatica. Questa stessa verità avea dimostrata il *Dal Negro* in sulla fine della *Memoria III sul magnetismo temporario.*

Dalle esperienze di *Baumgartner* e *Pfaff*, pare potersi conchiudere che a dimensioni uguali, entro dati limiti non peranco determinati dall' esperienza, influisca ancora la massa.

Che se col filo congiuntivo dell' elettromotore si formi un' elice intorno ad una canna di vetro, o di legno, od anche di metallo (avvertendo che la canna metallica non tocchi sul vivo il filo di rame constituente l' elice), e allorquando l' elettromotore è in attività, si magnetizzino successivamente le due antecedenti calamite, facendo entrare una branca delle medesime nella canna in guisa, che l'asse della branca si confonda con quello della canna e dell' elice, in questo caso la calamita temporaria cilindrica acquisterà una forza magnetica sensibilmente minore di quella che acquista la prismatica. Una così fatta differenza fra le due calamite cimentate nel modo testè indicato, non è che un corollario delle già conosciute proprietà delle correnti elettro-magnetiche.

Difatti il celebre geometra *Laplace* sottoponendo al calcolo i risultamenti delle esperienze dei valentissimi fisici *Biot* e *Savart*, ha potuto rigorosamente dimostrare, che le azioni delle correnti elettro-magnetiche sul ferro dolce e sopra l' ago magnetico, sono in ragione reciproca dupplicata delle distanze.

Ora quando si pongono successivamente le branche delle due calamite entro l' elice, siccome la distanza dall' elice della superficie cilindrica è maggiore di quella che ha luogo tra la stessa elice e la superficie della branca prismatica, così è chiaro che questa dee magnetizzarsi molto più della cilindrica; giacchè comunque piccola riesca la differenza di dette distanze, tuttavolta essendo la forza magnetizzante in ragione reciproca dei quadrati delle distanze, anche una piccola differenza fra le dette distanze dee produrre una ben sensibile differenza fra le forze delle due calamite.

Che la superficie della calamita prismatica riesca nel caso nostro più vicina alla corrente spirale, che

quella della cilindrica, lo si comprende facilmente, se si consideri che, quantunque alcuni punti della superficie prismatica riescano più vicini ed altri più lontani dall' elice, ciò non ostante essendo assicurati dalla geometria, come sopra ho detto, che il perimetro della sezione trasversale della prismatica è maggiore di quello della sezione della calamita cilindrica, così è chiaro che la distanza media della superficie prismatica dalla corrente è minore della distanza della superficie cilindrica dalla stessa corrente.

Secondo adunque la diversità delle circostanze, gli effetti delle calamite dovranno riuscire affatto contrarj: che è quanto dire, che quella delle due calamite la quale rimaneva più magnetizzata in una circostanza, debba riuscire meno magnetizzata in questa.

Non conosco che il sig. dottore *Magrini* abbia opposti argomenti a questi del sig. prof. *Dal Negro*, per sostenere tuttavia contro di lui che i ferri prismatici si magnetizzino di più dei cilindrici col mezzo delle spirali elettrodinamiche. Ciò che ha pubblicato negli Annali delle scienze del 1835 pag. 100, non vale a sostenere la sua dottrina contro del fisico di Padova, perchè non furono fatti i suoi esperimenti in circostanze perfettamente identiche; della qual condizione mancano ancora quelli che fece inserire nel *Nuovo Dizionario Tecnologico*. In mancanza di nuovi fatti io credo dovermi ancora attenere alla dottrina del sig. ab. prof. cavaliere *Dal Negro*.

III. *Alla diversa natura dei metalli componenti le spirali.* Il rame e l' ottone, come si raccoglie dagli esperimenti dell' egregio *Dal Negro* e da' miei, possono ugualmente servire all' uopo, non essendosi osservata differenza sensibile nell' uso dell' uno e dell' altro di essi. Il ferro è men buono di quelli. Il suddetto professore non estese le sue esperienze a tutti i metalli duttili tanto perfetti, che imperfetti, non veggendo quale profitto potesse trarre da tali ricerche.

IV. *Al diametro del filo delle spirali.* Da numerose esperienze il *Dal Negro* si è convinto, come avea stabilito *Faraday*, che il filo di maggior diametro, è più efficace di quello di minor diametro, e che l'unione di più spirali apporta utilità in virtù del maggior numero delle spire, che contemporaneamente operano sulla calamita: e tale processo veggo ora praticarsi in Inghilterra, come scorgo da alcuni modelli che possedono i Reverendi Padri Armeni, che hanno ritirato dalle officine di Londra. Avverte ancora il sig. prof. *Dal Negro*, che l'uso di più spirali riesce utilissimo particolarmente in quei casi, ne' quali un solo filo non è atto a scaricare la corrente elettrica.

V. *Al modo di avvolgere le spirali sul ferro.* La posizione delle spire intorno alle calamite elettro-dinamiche sembra indifferente, essendosi riconosciuto che, purchè il numero delle spire rimanga lo stesso, la corrente agisce ugualmente su tutta l'estensione del cilindro ricurvo anche nel caso che le spirali non avvolgano che una metà, un terzo, un quarto ed anche meno del cilindro medesimo. Prima però di ammettere questa massima in generale, sarebbe d'uopo ripetere gli esperimenti con ferri di maggiori dimensioni.

Quand' anche le correnti elettriche si muovano ad angolo fra di loro, come nel caso che si avvolga il ferro con spirali incrocicchiate, la forza cresce: il che è evidente dalla mia determinazione dei poli trasversali del filo delle elici, e dalla polarità che prende il ferro, la quale risponde sempre a quella dell' esterno delle spirali.

VI. *Al numero delle elici.* La forza di una calamita temporaria, poste tutte le altre cose uguali, è prossimamente proporzionale al numero delle spire componenti l'elice che la investe.

Quantunque la forza magnetica cresca aumentando il numero delle spire, e scemi diminuendosi il numero delle medesime, tuttavolta la stessa calamita acquisterà più forza da due spirali di 40 spire, che

da una sola avente 80 spire. Non occorre avvertire, che in tali confronti si suppone che la calamita con cui si esperimenta sia suscettibile di aumento, cioè non sia giunta al maximum di forza.

La ragione di questa differenza dipende dalla osservazione che si è fatta, che l'efficacia di una corrente elettrica causata da un dato elettromotore, diminuisce crescendo la lunghezza del filo congiuntivo. Si noti, che cosiffatta relazione fra l'efficacia della corrente e la lunghezza del filo metallico, che serve di veicolo alla medesima, non è esatta, giacchè se il filo p. e. diviene doppio, l'azione non si riduce alla metà, ma riuscirà più che la metà. È poi chiaro, che se le azioni delle correnti sul ferro dolce o sopra l'ago magnetico fossero inversamente proporzionali alle lunghezze dei fili, lo *Schweigger* non avrebbe potuto arricchire la fisica del suo Galvanometro moltiplicatore, del quale si è detto.

Dopo tutto questo riesce manifesto, che se una data calamita avvolta da una spirale di 100 spire produce un effetto *m*, questa stessa calamita, avvolta da due spirali di 50 spire l'una, produrrà un effetto maggiore di *m*, giacchè per le cose dette ciascuna spirale di 50 spire non produrrà un effetto $= \frac{m}{2}$, ma maggiore di $\frac{m}{2}$ stantechè ciascuna spira dell'elice di 100, è meno efficace di ciascuna delle spire delle elici minori.

In queste indagini convien tener conto esatto delle totali lunghezze dei fili, esperimentare a correnti già stabilite prodotte da elementi uguali, e posti in parità di circostanze, tanto relativamente ai due metalli che li costituiscono, quanto per ciò che riguarda il condutTore umido.

VII. *All' isolamento delle spirali.* Se un cilindro piegato a ferro di cavallo lo si pulisce, e poi vi si ravvolge intorno del filo di rame, reso lucido stropicciandolo con ismeriglio, la corrente elettrica non

produrrà verun effetto magnetico; perchè in luogo di percorrere la via molto più lunga delle elici, camminerà pel ferro stesso. Che se anche in tal guisa si è talvolta ottenuto qualche debolissimo, indizio di magnetismo, si deve questo attribuire alla maggiore conducibilità del rame; e ciò si prova da questo, che sostituendovi del filo di ferro svanisce. Se invece il filo, od il rame non saranno puliti, ma coperti di quella leggiera crosta d' ossido che formasi alla loro superficie, basterà la frapposizione di questa sostanza poco conduttrice a dare effetti magnetici; i quali però riusciranno senza confronto più vigorosi, quando con seta o con resina si isoli la spirale del ferro. Si vede adunque chiaramente quanto importi che l' isolamento sia perfetto; poichè se la calamita temporaria tocca la spirale in due soli punti, uno de' quali appartenga al filo per cui entra la corrente, e l'altro a quello per cui esce, quasi tutta la corrente elettrica passerà allora pel ferro, e quella debolissima che rimarrà all' elice, potrà dare pochissima forza magnetica al ferro.

VIII. *Alla forma dell' àncora.* L' àncora, o porta-peso, poste tutte le altre cose uguali, riesce più utile quando la superficie che tocca i piedi della calamita è convessa, non quando è piana, cioè nel primo caso la calamita sostiene un peso maggiore, che non nel secondo.

La figura convessa del porta-peso è da preferirsi alla piana, quando si voglia misurare l'efficacia della calamita col mezzo del peso che sostiene, o della forza che rendesi necessaria per distaccare l' àncora dai piedi della medesima; ma se si voglia misurare l'azione simultanea dei due piedi della calamita a distanza, in questo caso giova che la superficie della traversa sia piana, e la ragione di questa differenza è chiara per sè stessa.

IX. *Alla forma dell' elettromotore.* Dopo aver fatte l' illustre *Dal Negro* le descritte originarie osservazioni, egli si diede ad investigare la forma da darsi

all' elettromotore, acciocchè producesse il massimo effetto possibile con la minima superficie di zinco, che è il metallo che si consuma con tanta facilità in tali esperimenti. Veramente dopo i lavori fatti da tanti fisici, gli pareva cosa molto malagevole il poter rinvenir qualche cosa di meglio di quello che in questo argomento era stato avvisato da altri; non ostante questo da moltiplici esperimenti potè convincersi, che gli effetti elettro-magnetici seguono la ragione dei perimetri e non della superficie, che la posizione simmetrica è la più utile, e che la reciproca distanza dei perimetri dei due metalli ha una decisa influenza sull' efficacia degli elettromotori. Queste verità egli rese evidenti tanto col galvanometro a indice fisso, quanto col suo dinamo-magnetometro, che consiste in una calamita temporaria composta di un ferro dolce piegato a ferro di cavallo, e cinto da un'elice metallica ricoperta di filo di seta, ai capi del quale si attaccano le lamine metalliche che debbonsi immergere nell'acqua acidulata; ed il peso che può sostenere l'àncora, che si attacca ai due gambi della magnete, dà la misura e il valore della forza acquistata nelle varie condizioni delle lamine, che si applicano alle estremità dei due fili, la quale viene misurata da un dinamometro.

Fra i molti esperimenti che fece il sig. prof. *Dal Negro*, in prova delle anzidette proporzioni, io arrecherò i seguenti:

Osservò egli, che levando un pollice quadrato da una superficie quadrata di quattro pollici, rimane un gnomone, che ha lo stesso perimetro dello stesso quadrato, ed un effetto elettro-magnetico eguale a quello prodotto dalla prima. Osservò inoltre, che un rettangolo di sei pollici di base e due di altezza, ha lo stesso perimetro; e produce lo stesso effetto di una superficie quadra avente quattro pollici di base.

In seguito mosso dal vivo desiderio di scoprire la causa di un fatto così importante, ha costrutto una famiglia di elettromotori elementari, in ciascuno dei

quali, rimanendo il rame costante, le superficie delle lamine di zinco stavano fra loro : : 1 : 2 : 3 : 4 : 8 : 12 : 16 ; e tenendo conto col suo dinamo-magnetometro dell'efficacia di ciascuno dei detti elettromotori osservò, non senza sua sorpresa, che in cinque diversi casi, in cui le piastre di zinco stavano fra loro:: 3 : 4, gli effetti erano eguali. Prese tosto in esame così fatti risultamenti, e dopo lunghe e replicate meditazioni si è finalmente accorto, che nei cinque testè accennati casi le lamine di zinco erano isoperimetre.

Stabilito il principio, che l' efficacia degli elettromotori sia proporzionale ai perimetri, l'ignota causa, che cercava l' autore, si manifestò da sè stessa. Di fatti il più piccolo elemento produce l' effetto più utile, per la ragione che la sua superficie in confronto di quella degli altri elementi, è circoscritta dal medesimo perimetro.

Con lo stesso principio si spiega facilmente come la metà di un elemento produca costantemente un effetto maggiore della metà di quello che si ottiene dall'elemento intiero. Di fatti prendete una piastra di zinco di qualunque figura, dividetela in più parti uguali, e troverete costantemente che il perimetro, che racchiude la metà della superficie è maggiore della metà di quello, che racchiude la lamina intiera.

Finalmente dalla stessa proprietà dei perimetri ne consegue, che con la stessa lamina di zinco si può ottenere un maggiore effetto, cangiando la sua figura in modo che riesca circoscritta da un perimetro maggiore.

In conseguenza della somma prevalenza degli spigoli in confronto delle superficie, ha creduto di poter aumentare gli effetti con accrescere soltanto la lunghezza di un filo di zinco entro una cassetta di rame; ma ben presto si avvide che non si poteva aumentare il detto filo a piacere fra le superficie del rame, giacchè rimanendo costante la distanza fra le superficie dei due metalli eterogenei, gli effetti variavano col variare della distanza tra il filo ed il

perimetro del rame. Stabili adunque l' ipotesi, che oltre la lunghezza dei perimetri influisca sulla efficacia degli elettromotori anco la reciproca distanza dei perimetri dei due metalli, rimanendo tutte le altre cose uguali.

Per verificare la sua ipotesi ricorse all' esperienza nel seguente modo:

Ha costrutto un elemento Voltiano con lamine disuguali, come scorgesi nella Fig. 48, in cui A B C D è una lamina rettangolare di rame, ed *a b c d* è una simile di zinco collocata nel mezzo di quella, e tenuta da essa discosta e parallela mediante dei prismetti di legno. Queste due lamine sono munite delle solite appendici del filo di rame *a r*, B Z, che si fanno pescare in due vasellini di vetro contenenti del mercurio, col quale comunicano le estremità del filo metallico, che passa sopra l' ago magnetico, e con direzione parallela all' asse, dal medesimo nella posizione di equilibrio. Con siffatto elemento ha eseguito i tre seguenti esperimenti:

I. Posto un elemento in una ciotola di vetro contenente dell' acqua acidulata con $^1/_{60}$ di acido solforico, ed $^1/_{60}$ di acido nitrico, e poste le appendici in comunicazione col galvanometro, stando lo zinco nella posizione simmetrica indicata dalla Fig. 48, la declinazione media di cinque esperimenti risultò eguale a 11° 10.

II. Movendo lo zinco in modo, che il lato *a d* dello zinco cada nel mezzo sopra il lato A D del rame, e fattane esperienza, la declinazione media risultò eguale a 10°, 20.

III. Ponendo il lato *a b* dello zinco nel mezzo sopra il lato A B del rame, la media declinazione, ad indice fisso, come nei due altri esperimenti, fu di 9°, 35.

Questi esperimenti ripetuti più volte e con lamine di varie ampiezze e di figure diverse assicurano, che la posizione simmetrica è la più utile.

Si assicurò parimente il sig. professore *Dal Negro*,

che l'azione del rame va soggetta alla stessa legge dei perimetri, quasi come nelle lamine di zinco.

I. Ha costrutto egli un elemento Voltiano con due lamine quadrate uguali (*Fig.* 49); l'una cioè di rame e di zinco l'altra, ed avente ciascuna due pollici di lato. Esaminata l'efficacia della corrente prodotta da così fatto elemento col suo dinamo-magnetometro, la forza media acquistata dalla calamita temporaria riuscì di kil. 4, 37.

Questo effetto gli servì di unità di misura.

II. Combinò un secondo elemento ritenendo costante lo zinco, e ponendolo sopra una lamina di rame avente una superficie quattro volte maggiore, e sotto la figura di un rettangolo di due pollici di altezza ed otto di base. La lamina di zinco Z Z (*Fig.* 50), è collocata nel mezzo come posizione più utile, per le cose dette di sopra; fattane esperienza, questo secondo elemento comunicò alla stessa calamita una forza di kil. 7, 25.

L'aumento adunque del solo rame produce un effetto quasi doppio, rimanendo costanti tutte le altre cose.

Ma ancor qui il maggior effetto che si ottiene aumentando il rame, dipende più dall'aumento del perimetro, che da quello della superficie. Per togliere ogni dubbio su tale proposito, basta costruire gli elementi del primo e del secondo esperimento in guisa, che riducendo quadrupla la superficie del rame, l'aumento del perimetro riesca assai piccolo, ed in tal caso si troverà che piccola in proporzione riuscirà la differenza fra gli effetti dei due testè accennati esperimenti.

Non rimane a provarsi, che la reciproca distanza dei perimetri abbia una decisa influenza sull'efficacia degli elettromotori nel producimento dei fenomeni magnetici.

Se ne faccia l'esperienza come segue:

Riducasi la lamina di rame dell'antecedente esperimento (*Fig.* 51), ad un quadrato di quattro pol-

lici di lato, e si ponga nel mezzo la stessa lamina di zinco.

In questo caso le superficie sono le stesse, e solo il perimetro del rame è diminuito di quattro pollici: la qual diminuizione, per le cose dette, sarà cagione di perdita.

Ora assoggettato all' esperienza questo elemento, l'effetto che ottenne fu di kil. 9, 45. Adunque l' allontanamento anzichè dannoso è utile in modo, che ha compensata anco la perdita dovuta alla diminuzione del perimetro del rame.

Se adunque l'allontanamento è utile in guisa, che per avere discostato solo quattro pollici del perimetro dello zinco, si guadagnò una forza di kil. 2, 25 all'incirca, se allontaneremo 16 pollici del perimetro dello stesso zinco, il guadagno sarà molto più sensibile. Se ne faccia l' esperienza.

Per fare questo esperimento (*Fig.* 52) adoperò il sig. prof. *Dal Negro* la stessa lamina di rame della Figura 50, e ridusse una lamina dello stesso zinco ad un rettangolo di otto pollici di base e sei linee di altezza, e collocatolo nel mezzo della lastra di rame, e fattane l'esperienza, l'effetto riuscì di kil. 20, 90; cioè triplo del secondo esperimento, più che doppio dell' effetto del terzo, e più che quintuplo dell'unità di misura, impiegando lo stesso zinco.

Concludiamo adunque essere cosa utile, che i perimetri dei due metalli rimangano tra loro discosti. I limiti poi di tali distanze non sono di facile determinazione.

Stabilita l' esistenza degl' indicati fenomeni, passa il sig. professore alla teorica dei medesimi. Osserva ed il fatto ce lo assicura che la corrente che circola in un elettromotore è sempre diretta in modo, che dal metallo più ossidabile trasportasi, mediante un conduttore di secondo ordine, al metallo meno ossidabile; e perciò la corrente elettrica scappando più facilmente per i corpi acuminati, che non per quelli che sono smussati, dee naturalmente uscire

per gli spigoli dello zinco, e rientrare attraversando l'acqua acidulata, per quelli del rame, cosicchè di tutto il fluido dinamico la massima parte esce ed entra per gli spigoli dei due metalli.

Di più, se l'elettrico ch' esce pei perimetri dello zinco riesce più celere e più abbondante di quello che parte da un egual numero di punti presi fuori del perimetro, è certo che i punti angolari dello stesso zinco dovranno somministrare dei zampilli o fiocchi elettrici più abbondanti di qualsivoglia altro punto del perimetro; dal che ne segue la necessità, che il rame presenti a questi angoli un perimetro lungo quanto è possibile per somministrare una via più facile all' elettrico, che si presenta divergente verso lo stesso.

Da ciò raccolse necessariamente l' egregio professore, che non solo l' azion chimica debba incominciare efficacissima da ciascuno spigolo della lamina di zinco e decrescere verso il centro della figura, ma ancora che i quattro punti angolari debbano essere attaccati più efficacemente di tutti gli altri.

Dalla quale prevalenza di azione ne doveva conseguitare, che le figure delle lamine di zinco dovevano alterarsi nella disposizione dei loro perimetri; perchè nei punti angolari maggiore deve essere il numero delle molecole distrutte. Il che gli venne comprovato dalla esperienza e dalla osservazione fatta sopra lamine di zinco, le quali avendo in gran parte perduta la loro vigoria erano state poste fuori di uso.

Di questa virtù prevalente agli spigoli mi era più volte convinto ne' miei esperimenti che nel 1836, 1837, 1838 io feci in Milano, ove leggeva Filosofia nell' I. R. Liceo di Porta Nuova. Ho costantemente ritrovato nelle lamine di zinco, che la grossezza decresce dal centro alla periferia. Questo fatto verificai negli elettromotori Voltiani che possiede il gabinetto di fisica dell'I. R. Liceo di Venezia, e in quelli che trovansi nel gabinetto di fisica di S. Lazzaro e nel Collegio Rafaele dei RR. Padri Armeni in Venezia.

Le belle esperienze dell'illustre *Dal Negro* furono ripetute dal valente *Jacobi*, il quale ebbe a conchiudere che v' ha una corrispondenza la più perfetta tra la legge del *Dal Negro* e la teoria di *Ohm*, o la legge fondamentale del *Volta*. Egli non manca però di notare che la legge dei perimetri ammette dei limiti, oltre dei quali non si verifica, come si è convinto dai propri esperimenti. *Jacobi* e *Lenz*, comprovarono che la modificazione temporaria nella distribuzione del magnetismo, che presenta una verga di acciajo sotto l' influenza della spirale elettro-magnetica è proporzionale alla forza della corrente. Il che pare doversi intendere fino ai limiti della saturazione.

Porrò fine a questo paragrafo osservando che il *Ritchie* combinando l'azione del magnetismo temporario con quello permanente delle calamite e della terra, ottenne movimenti di rotazione. L' apparato che il fisico inglese adoperava per avere il movimento di rotazione con le calamite comuni, è il seguente. Una tavoletta quadrata poggia sulle punte di quattro viti di ottone, mediante le quali si può facilmente ridurla orizzontale. Sulla superficie superiore di questa tavoletta è incavato un truogoletto circolare diviso in due da tramezzi di legno o di vetro o d' avorio. Si riempiono di mercurio i due canaletti semicircolari, che risultano da questa divisione, e ciascuno si fa communicare con un polo diverso di una Pila Voltaica. Nel centro della tavoletta sorge uno stilo, sulla punta del quale è sostenuta una spranghetta di ferro dolce in guisa da poter facilmente girare. Intorno ad essa spranghetta sta ravvolto un filo di rame fasciato di seta, un capo del quale pesca in un dei canaletti semicircolari ed un capo nell' altro, essendo però disposto in guisa da poter passare dall' uno nell' altro canaletto, strisciando sopra il tramezzo che li divide. Avvi una calamita a ferro di cavallo, i cui poli sono distanti l'uno dall'altro quanto è lunga la spranghetta

di ferro dolce, e la si presenta al disopra dell' apparato in guisa, che le sue cime stieno di contro ai tramezzi che dividono il truogoletto circolare. Se allora si fa agire la Pila, la spranghetta di ferro dolce si magnetizza, e le sue cime vengono attratte da quelle della calamita a ferro di cavallo, essendosi disposte le cose in maniera che le cime vicine abbiano poli diverse. Movendosi allora la spranghetta per questa attrazione, i suoi fili passano dall' una nell'altra divisione del truogoletto circolare, s'inverte la corrente, e l'attrazione della calamita permanente e la temporaria si cangia in ripulsione; l' impulso è così forte che basta a far compiere alla spranghetta quella porzione di circonferenza che occorre, perchè incominci a sentire l' attrazione del polo opposto, la quale poi, pel ritorno dei capi del filo di rame nei canaletti medesimi dov' erano prima, diviene ripulsione; e così si produce un moto rotatorio continuato. Questo movimento l'ottenne ancora per la sola azione del magnetismo terrestre. I due tramezzi in questo caso sono disposti nella direzione del meridiano magnetico. Il movimento rotatorio orizzontale col magnetismo terrestre l' ottenni io pure nel dicembre del 1837 (*Fig.* 33), e nel febbrajo del 1838 il sig. *Kramer*, senza però conoscere quanto era stato eseguito in Inghilterra dal *Ritchie*, e diede luogo ad una forte ed animata questione, che fu decisa con le prove le più irrefragabili a mio favore.

§ 108. *Della Telegrafia Elettrica.*

L' idea di una telegrafia elettrica pare sia sorta nella mente dei dotti con la notizia della somma velocità, con la quale si diffonde l'elettrico. In fatti si riferisce che *Franklin*, *Savary* e *Berton*, distinto compositore di musica e membro della R. Accademia di Belle Arti, abbiano avuto il pensiero di un telegrafo elettrico; e *Wheastone* raccolse più di 62 nomi, che aspirarono alla priorità di questa invenzione.

Checchè ne sia di tutto questo, la data la più antica che non lascia alcun dubbio, è dell' anno 1794. A questa epoca l'alemanno *Reiser* pubblicò un piano compiuto di corrispondenza telegrafica col mezzo della elettricità prodotta dalla macchina, ch' era la sola conosciuta in allora. Questo piano consiste in una tavola di vetro, sulla quale si trovano incrostati dei caratteri metallici rappresentanti le lettere dell' alfabeto, a ciascuno de' quali corrisponde un filo di ferro isolato in un tubo di vetro, che tira la scintilla da ciascuna lettera, allorchè l' elettricità si comunica dalla opposta estremità. *Betancourt* nel 1797, stabilì una comunicazione tra Aranjuez e Madrid, scaricando una bottiglia di Leida attraverso de' fili. Nel 1798 il dott. *Selva* costruì un analogo telegrafo in Ispagna del quale si valse *l'infante don Antonio*, e fu informato per esso di una nuova ad una grande distanza. Anche nel Trattato della elettricità di *Cavallo* si trova proposta l' idea d' impiegare differenti serie di scintille come segni di comunicazione atti a richiamare l'attenzione dell'osservatore mediante l' esplosione di un miscuglio d' aria infiammabile.

Nel 1809 *Soemmering* immaginò di valersi per la telegrafia elettrica dei prodotti gazosi della elettrolizzazione dell' acqua prodotta dalla Pila Voltiana. Questo telegrafo è formato di 35 fili conduttori bene isolati fra di loro e racchiusi entro a tubi di vetro. Alla stazione della persona che legge, i fili congiuntivi si distribuiscono rispettivamente alla estremità interiore di altrettante punte d'oro disposte a due a due lungo i compartimenti di un truogolo di vetro ripieni d'acqua distillata, ne' quali devono svilupparsi i gas ossigeno ed idrogeno, allorchè le altre estremità de' fili comunicano coi poli dell' apparato. Questi fili rappresentano le 25 lettere dell' alfabeto alemanno, più dieci segni numerici. Con una varia combinazione di questi segni si formano le differenti sillabe, parole e numeri. Anche il dottor *Coxe*, di-

stinto cittadino di Filadelfia, ebbe l' idea di valersi della elettricità Voltiana per la telegrafia.

Nel 1819 le nuove scoperte Oerstediane aprirono una nuova via, e la deviazione dell' ago calamitato fu tosto proposta come mezzo di comunicazione da *Ampere*, da *Fechner*; e *Ritchie*, ne fece in piccolo una applicazione.

Nel 1832 o 1833 il Barone *Schilling* costruì a Pietroburgo un telegrafo elettrico, che consiste in un certo numero di fili di platino, isolati e riuniti con un cordone di seta, i quali mettono in movimento degli aghi calamitati collocati in una posizione verticale al centro di un moltiplicatore. Aggiunse un meccanismo assai ingegnoso, che serve ad avvertire l'osservatore allorchè incomincia la corrispondenza telegrafica. Sua Maestà l'Imperatore Nicolò assistette a queste esperienze, ma il Barone *Schilling* poco tempo dopo morì senza potere stabilire un telegrafo sopra una scala molto estesa. Contemporaneamente al fisico Russo, o poco dopo *Gauss* e *Weber* a Gottinga, fecero de' saggi telegrafici col mezzo di Pile idro-elettriche tra l' osservatorio e il Gabinetto di fisica della Università; e nel 1835 li ripeterono con alcuni perfezionamenti, impiegando l' induzione magneto-elettrica dello *Zantedeschi*.

Nel 1837 *Morse*, professore all' Università di *New-York*, pubblicò la descrizione di un telegrafo elettro-magnetico; nel 1838 altri ne pubblicarono; *Magrini* in Italia, e *Steinheil* a Monaco. Il primo stabilì a Venezia una comunicazione tra il Gabinetto di fisica dell' I. R. Liceo e la stanza del sig. Provveditore dell' I. R. Convitto; e il secondo tra la sua abitazione a Lerchenstrasse, il Gabinetto di fisica dell' Accademia e l' Osservatorio di Bogenhausen pel tratto di una lega e tre quarti di Germania.

In questo stesso anno, *Amyot* propose alla Reale Accademia delle scienze di Parigi un nuovo telegrafo, impiegando una sola corrente e un solo ago, in luogo di molte correnti e di molti aghi, come ave-

vano fatto gli altri fisici, e in luogo di tenere i fili conduttori sospesi a dei sostegni, propose d'inverniciarli e di seppellirli nella terra. Lo stesso ago scrive sulla carta, e con una precisione matematica la corrispondenza, che trasmette all' altra estremità. In Inghilterra sono riputatissimi i telegrafi elettrici di *Wheastone*, che furono ora estesi sur una scala di 50 e più miglia. Finalmente io ricorderò che a Pietroburgo per ordine di Sua Maestà l' Imperatore fu costruito un telegrafo, che riunisce una distanza di 24 *verstes* circa, ossia 24,898 Kilometri. Due fili coperti di uno strato di resina elastica ed interrati sono i conduttori dell'elettrico fornito da una piccola batteria di 24 elementi di *Daniell.* Si pensa di sostituire quella di *Bagration.* Sarà ancora sostituita la terra ad un filo dietro le esperienze di *Aldini*, di *Bain*, e di *Jacobi.* Fu interrata a *Tsarskoïe-selo* una lamina di zinco, e a Pietroburgo una lamina di rame, ciascuna della superficie di 10 piedi quadrati, e furono congiunte con un filo inverniciato e sepolto nella terra, e gli effetti su questa distanza di 24,898 kilometri furono trovati soddisfacentissimi. In questo paragrafo io non sono disceso ai particolari di costruzione degli apparati telegrafici, perchè difficilmente senza il modello s' intendono, e perchè tuttavia si studia a rendere più semplice la loro organizzazione tanto in America che in Europa. Fra non molto tempo noi vedremo riunite le prime capitali con la nuova telegrafia elettro-magnetica.

§ 109. *Della applicazione dell' elettro-magnetico alla Meccanica.*

Il primo che immaginò di applicare la forza magnetica alla meccanica fu il celebre ab. prof. *Dal Negro*, del quale la scienza e gli amici piangono tuttavia amaramente la perdita. Egli fino dal 1831, presentò i suoi modelli all' I. R. Accademia di scienze, lettere ed arti di Padova. Il primo conge-

gno del sig. prof. *Dal Negro*, consiste in una specie di pendolo magnetico, che muovesi fra i due poli di una calamita temporaria, i quali vengono cangiati ad ogni oscillazione in virtù di un commutatore, che è messo in movimento dallo stesso pendolo. Questo moto adunque non è che l' effetto dell' attrazione e ripulsione alternativa magnetica, come scorgesi nel pendolo del prof. *Zamboni*, in virtù dell'attrazione e ripulsione elettrica. Avvertito il sig. prof. *Botto*, come egli stesso confessa dalla Gazzetta Piemontese, che il sig. *Jacobi* di Koenigsberg riuscì ad ottenere il moto continuo col solo intervento del potere elettro-magnetico, pensò di pubblicare i propri risultamenti: il meccanismo, di cui fece uso, consta da prima di una leva messa in moto a guisa di un metronomo dall'azione alternata di due cilindri elettro-magnetici fissi, esercitata su d' un terzo cilindro mobile e annesso al braccio inferiore della leva medesima, il cui superiore braccio mantiene intanto in continua girazione una ruota metallica, che serve di regolatore ne' modi soliti. Per siffatto alternamento è disposto in modo, che giacendo l' asse de' tre cilindri perfettamente uguali nello stesso piano verticale perpendicolare all' asse del movimento, viene il cilindro medio, oscillando, a porsi contiguo per una estremità e in una medesima dirittura or coll' uno or coll' altro dei due cilindri situati ai limiti delle sue escursioni, e si cangia ad ogni volta in quell' istante stesso nella sua spirale la direzione della corrente magnetizzante, conservandosi tal direzione identica nel resto del circuito col produr poli omonomi nei cilindri fissi, alle due estremità riguardanti il cilindro mobile. Serve poi all' accennato cangiamento di direzione il noto congegno di un'altalena, di cui inverte le comunicazioni il moto della macchina stessa.

Egli è manifesto, che per tali disposizioni deve il cilindro di mezzo risultare alternamente e cospirantemente attratto e respinto da ciascun dei due fissi;

attrazione e ripulsione per cui effettivamente l'apparecchio si pone in moto da per sè stesso, e si mantiene attivato per l'economia delle forze magnetiche che lo animano, suscitate dall'elettrica corrente.

Il sig. prof. *Magrini* tramutò il movimento di va e vieni in quello circolare, servendosi di venti calamite temporarie fatte a ferro di cavallo e di venti elettromotori elementari a spirale, come vedesi nel modello che trovasi nell'I. R. Liceo di Venezia. Appresso *Davenport*, *Cook*, *Sillimann*, *Renwick*, *Henry*, *Tem Eyck* in America, presentarono altri congegni che furono riprodotti dietro disegni venuti dal nuovo mondo dal sig. *Antonio de Kramer* di Milano. Dopo quest'epoca i modelli si moltiplicarono e s'introdussero nei gabinetti e nelle scuole di fisica. Per applicare in grande alla meccanica questa forza, parecchie prove si fecero dal *Botto*, dal *Jacobi*, che giunse a far muovere una nave sul Newa, e finalmente dal *Wagner;* ma ad onta di tanti sforzi e di tanti dispendj, il probléma dal lato industriale non è per anco sciolto. Parmi, se non erro grandemente, che in luogo di occuparsi di modelli, si dovrebbe occupare il fisico dello scoprimento delle leggi della forza elettro-magnetica. Secondo il *Dal Negro*, questa forza cresce col peso delle calamite; ma non potè egli determinare la legge dell'aumento; e se esso sia indefinito, ovvero se giunto il peso di quelle ad un certo punto, più non ricevano incremento di forza. Quanto al consumo delle Pile ed alla spesa che ne deriva, pare che sia tenuissima in grazia delle sue nuove osservazioni sulle singolari proprietà dei perimetri dei due metalli costituenti gli elettromotori.

E secondo il sig. prof. *Botto*, le leggi risguardanti la teoria delle macchine elettro-magnetiche sarebbero le seguenti.

I. *Il massimo del magnetismo, che può ricevere un asse di ferro dolce da una coordinazione conve-*

niente di differenti parti che compongono la catena galvanica, è proporzionale alla radice quadrata del consumo e della spesa.

II. *Il dispendio relativo al massimo di magnetismo è la metà di quello, che avrebbe luogo riunendo i poli della batteria con un conduttore che non presenta alcuna resistenza.*

III. *L' effetto economico, che corrisponde al massimo del magnetismo e a un dato spessore della spirale, è costante ed eguale alla metà del suo valor limitato.*

IV. *Il massimo di magnetismo che risponde a una data superficie di zinco, e a un spirale di un dato spessore, e il gas che rappresenta il consumo e l' effetto economico relativo, sono indipendenti dal modo secondo il quale si può coordinare la Pila e distribuire la lamina di zinco, per avere quel massimo.*

Queste deduzioni, dice *Botto*, racchiudono la teoria delle macchine elettro-magnetiche, ed accoppiate ai dati forniti dall' esperienza sulla costruzione di queste macchine, concorrono al loro perfezionamento e alla soluzione della questione economica che le risguarda.

Il sistema rotatorio pare debba essere definitivamente la forma la più vantaggiosa per l' utile trasmissione della forza elettro-magnetica, malgrado la somma perdita che si verifica in questo sistema per la obbliquità di questa forza alla direzione del movimento, e l'inevitabile influenza dei punti morti.

L' impiego esclusivo del ferro calamitato in questo genere di macchine, sembra dover risultare di una superiorità incontrastabile; perchè, secondo le esperienze di *Lenz* e di *Jacobi*, l' azione reciproca fra due ferri calamitati di egual forza, è presso a poco quattro volte più forte di quella che si esercita fra una sola di queste calamite e il ferro dolce. Non devesi per ultimo dimenticare l' esaltazione del potere attrattivo, che deriva dalla forma arcuata dei ferri calamitati. Io porrò fine a questo paragrafo,

ricordando che il motore elettro-magnetico è nel suo nascere; e che nello stato attuale delle nostre cognizioni non siamo in grado di assegnare confini agli effetti utili, che si potranno ottenere da questa nuova forza; anzi aggiugnerò col *Dal Negro*, che tanto quelli che asserissero che questa nuova forza arriverà ed eguagliare quella del vapore, quanto coloro che la dichiarassero affatto inutile in meccanica, mancherebbero delle prove necessarie per dimostrare la verità delle loro osservazioni. Non è nemmeno necessario, che il nuovo motore produca una forza gigantesca per divenir utile in meccanica; solo basterà che giunga a produrre un effetto dinamico uguale a quello che si ottiene dalla forza di un uomo, e con una spesa minore di quella che rendesi indispensabile pel suo mantenimento.

Non perdiamo neppure di vista, come osserva il *Botto*, che i miglioramenti delle macchine elettromagnetiche e il loro futuro destino, si legano fino a un dato punto coi progressi generali della scienza, e coll' utile che si potrà trarre dai prodotti dell' azione Voltaelettrica: e perciò i dispendj di alimentazione non sono i soli che si debbono prendere in considerazione nel calcolo che si vuol fare sotto il rapporto economico della nuova forza cogli altri agenti conosciuti; la semplicità più o men grande de' meccanismi, la loro esecuzione più o men facile, il consumo più o men rapido delle loro parti, sono tutti elementi de' quali bisogna tenere esattissimo conto. Ora niente di più semplice e per conseguente di più economico e di più eseguibile di una ruota motrice elettro-magnetica, le differenti parti della quale si riducono a un doppio sistema di masse magnetiche operanti le une sulle altre.

A tutto questo si aggiungano i caratteri d' innocuità, di continuità, d' istantaneità che contraddistinguono la forza magnetica da ogni altro agente meccanico, i quali solo in molti casi bastano per darle la preferenza. Se l' apparizione di un nuovo

motore ha mai sempre richiamata l'attenzione del fisico e del filosofo in vista dei vantaggi speciali che ne possono derivare, il pensiero di un meccanismo elettro-magnetico si raccomanda per considerazioni particolari, che giustificano pienamente gli sforzi di quelli che si occuparono e tuttavia si occupano per realizzarlo.

Impertanto da tutto questo si raccoglie, che i *Cenni Storici* del *Majocchi* intorno all' elettro-magnetismo impiegato come forza motrice, sono dettati in gran parte da spirito di parzialità, e da una mente vuota d'ogni filosofia. Egli asserisce alla cieca senza alcun principio positivo.

CAPO SECONDO

§ 110. *Dell' Elettro-magnetico di Attrito.*

Questo capo viene diviso in due articoli: tratta il primo de' movimenti elettro-magnetici; ed il secondo della magnetizzazione.

ARTICOLO I.

§ 111. *Dei movimenti elettro-magnetici prodotti dall' elettrico di Attrito.*

Questi movimenti o sono prodotti dall' elettrico condotto, o dall'elettrico indotto; e perciò separatamente in due distinti paragrafi ne tratto.

§ 112. *Dei movimenti elettro-magnetici originati dell' elettrico condotto.*

Oersted facendo attaversare la scarica di una forte batteria elettrica da un filo metallico, al quale era sottoposto un ago magnetico, vide che non si moveva sensibilmente; e che una serie non interrotta di scintille elettriche opera sull' ago, presentando i

fenomeni comuni di attrazione e ripulsione. Fino che si possono distinguere le scintille, non potè avere effetto elettro-magnetico. Che poi l'abbia ottenuto, non mi venne fatto di vedere in alcuno dei suoi scritti.

Il sig. prof. *Configliacchi* appresso assicurò, che le declinazioni dell' ago riescono cogli apparati elettrici ordinari ogni qualvolta sieno convenientemente disposti; ma egli, per quanto mi sappia, non pubblicò i suoi esperimenti, e si limitò al semplice annunzio di quanto aveva osservato.

Il sig. dottore *Vittorio Michelotti*, professore di chimica medica e farmaceutica all' Università di Torino, isolando completamente una macchina elettrica e mettendo il filo di rame in comunicazione da una parte col conduttore e dell' altra con i cuscini, non gli riuscì di vedere che l'ago calamitato sensibilmente deviasse. Pare però, egli conchiude, che l' effetto dovrebbe succedere o valendosi di una macchina più potente, o di una disposizione più propria.

Appresso il sig. *Giuseppe Mojon,* prof. di chimica a Genova, informato di quanto aveva tentato il sig. *Michelotti* si mise a sperimentare, e comunicò al suddetto i suoi risultamenti. Ho ripetuto anch' io alcune esperienze con una macchina elettrica a disco di un metro di diametro, ed ho osservato che la sua azione sull' ago è quasi insensibile. La macchina elettrica a cilindro perfettamente isolata, acciò non comunichi col suolo, e facendo comunicare i due cilindri metallici dal lato opposto del manubrio, in modo che l' elettricità che si accumula sul cilindro armato di punte, possa ritornare sul cilindro che porta il cuscino, e in tal guisa stabilire una specie di corrente elettrica, produce gli effetti più sensibili di quelli ottenuti con la macchina a disco. Ho inoltre osservato, che collocando due fili metallici alle due armature di una forte batteria elettrica, e fra questi due fili terminati in punta

sottile un ago magnetico, è più sensibile la declinazione di questo.

Daniel Colladon di Ginevra, nel 25 agosto del 1826 lesse una Memoria alla R. Accademia delle Scienze di Parigi. Egli afferma avere ottenute le deviazioni dell' ago impiegando quantità considerabile di elettrico e con una batteria di 4,000 pollici di superficie. Scaricando le bocce di Leida lentamente con una punta, ebbe deviazioni sensibili fino alla distanza di un metro. Fece analoghi esperimenti colla macchina elettrica, raccomandando un capo del filo del circuito, del quale faceva parte un moltiplicatore, ai cuscinetti, e l'altro terminato in punta disponendolo a piccola distanza dal conduttore della macchina. In tutte queste esperienze conobbe che le deviazioni diminuivano al crescere della distanza. Nel 1833 l' inglese *Faraday* prese a trattare questo argomento; alla perfetta riuscita delle deviazioni osservò essere necessario che l' elettrico trascorra in modo, che abbia a continuare la sua azione per un tempo sensibile; la qual condizione adempiva interrompendo il circuito con acqua, con aria rarefatta o con aria comune frapposta fra due punte, o molto meglio, con acqua salata o con degli acidi.

Questo venne pure ripetuto dal *Nobili* nel 1834, il quale insegnò, che al conseguimento degli effetti elettromagnetici non bisogna ricevere mai sul filo del moltiplicatore la scarica delle bocce o delle batterie; ma in silenzio, o per così dire, succhiata a distanza dall' una delle due estremità del galvanometro, mentre l' altra completa il circuito. Egli pensa, che la più piccola scintilla che passa fra la batteria e la punta, basti quasi sempre ad alterare il magnetismo degli aghi astatici. Se questo era, come si suppone, uguale o pressochè uguale in ambedue gli aghi, dopo il salto della scintilla, non lo è più: la differenza è già tale, che l'istrumento non può più servire per le ricerche dilicate.

Nel 1838 il sig. prof. *Stefano Marianini* nelle

sue *Memorie di Fisica Sperimentale scritte dopo il* 1836, ebbe a scrivere: È certamente una esperienza, che non può notarsi la prima volta senza qualche sorpresa quella di far passare la corrente di una grande giara di Leida ben caricata sul filo galvanometrico di un moltiplicatore del *Nobili*, e vedere che l'ago astatico non si muove nè punto, nè poco. Di questo fenomeno rende ragione il *Berzelius*. La scossa elettrica non imprime alcun movimento a questo ago, perciocchè la scarica si fa con tanta rapidità, che l'inerzia dell'ago non può essere vinta; e in questo luogo arreca pure che talora la non riuscita delle deviazioni dell'ago colla elettricità della macchina elettrica si deve ascrivere alla poca quantità di elettrico che ad ogni istante produce, la quale non può esercitare un' azione sensibile sull'ago calamitato.

Ricordevole di quanto aveano scritto i citati fisici, e nel 1837 il sig. *M. A Mosson*, prof. al Collegio di Caen, che aveva pure avvertito che l'ago è deviato di più dalla sua posizione naturale da una corrente debole e continua, che non da forte impulso occasionato da una corrente più intensa, ma di breve durata, io scrissi tre articoli su tale argomento, due de' quali apparvero nel *Glissons*, giornale di Scienze, Lettere ed Arti che si pubblica in Milano, e il terzo nella Gazzetta Privilegiata di Milano n.° 185, in data del 4 luglio 1838. In questi tre articoli io mi sono prefisso di comprovare: I. La realtà delle deviazioni degli aghi magnetici, che dai ricordati fisici erano state ottenute, perchè la comune sentenza dei dotti era tuttavia negativa; II. Di investigarne le anomalie.

In quattro modi mi venne fatto di avere le deviazioni degli aghi magnetici, secondo le leggi Oerstediane.

I. Con cariche di una debole tensione, per cui nel primo mio annunzio affermai avere ottenuto i fenomeni galvanometrici con poche e grame scintilluzze.

II. Coi residui delle cariche ebbi deviazioni di 15° abbondanti, della quale ampiezza non potei avere declinazione colla pronta scarica di una bottiglia ad alta tensione; e coi susseguenti residui ottenni deviazioni successivamente minori. Io n' ebbi fino col sesto residuo, e dopo più ore che la bottiglia era stata scaricata; per cui conchiusi che non mi farebbe meraviglia di sorta l' udire, che altri ne avesse ad ottenere dopo un intervallo di tempo molto maggiore; al quale effetto mi parve essere necessario avere dei coibenti armati a grandi superficie: anzi in coibenti armati infisse successivamente quattro e più opposte elettricità scorsi, che si svilupparono con distinzione, come *Volta* aveva osservato nell' elettroforo, e *Belli* nella boccia di Leida col mezzo dell' elettrometro.

III. Colle cariche a forte tensione scaricando la boccia lentamente con una punta, o interponendo nel circuito un conduttore imperfetto; io ebbi per tal guisa deviazioni di 130 e più gradi.

IV. Colle attuazioni, nelle quali è bello vedere che potendosi co' noti metodi diminuire od accrescere la virtù inducente, l' ago devia ora da un lato ed ora da un altro; come pure se nel porre un capo del filo del galvanometro nell' atmosfera attuante l' ago del moltiplicatore declina a destra dell' osservatore, nel toglierlo dalla virtù inducente l' ago sviasi alla sinistra. Dopo di me esperimentò a questo modo ancora il sig. *Peltier*, ed ebbe risultamenti identici a' miei.

Le deviazioni degli aghi magnetici in virtù della elettricità dinamica di attrito non seguono sempre in ogni caso quelle leggi superiormente esposte. Vi sono a quando alcune anomalie, delle quali mi sono in questo luogo proposto di ragionare. Dopo aver esposti nella Gazzetta Privilegiata di Milano i diversi modi coi quali aveva ottenute la deviazioni degli aghi magnetici, conchiusi: Ma in altri casi, ne' quali la tensione è forte e la scarica si fa pron-

tamente da non poter essere dal filo tutta tradotta l' elettricità, avviene *sovente* un nuovo fenomeno. L' ago non sviasi secondo le esposte leggi, ma segue piuttosto un ordine opposto. Nelle forti scariche non di rado si appalesano nel moltiplicatore fenomeni di aderenza elettrica degli aghi al filo e un movimento di sussulto, come già di questi ultimi effetti aveva avvertito *Oersted*.

Lo scambiarsi delle deviazioni dell' ago, che più non ritorna alla posizione primitiva, è un risultamento di una forza prevalente all' ordinaria, la quale, in mia sentenza, si deriva da un nuovo stato elettrico del filo del moltiplicatore. Infatti, lasciato trascorrere tutto quel tempo che è necessario perchè l' ago si rimetta nello stato di quiete, e chiuso il circuito coi capi del filo dell' apparecchio, l' ago tosto declina, e col suo movimento indica una corrente, che si dirige dal capo che fu in comunicazione coll' armatura positiva, a quello che comunicava colla armatura negativa della bottiglia.

Questa corrente mostra come l' elettrico nel trascorrimento trovi una specie di resistenza nella materia del filo e vi aderisca. Aderenza però che in parte è sfuggevole, e in parte più o meno permanente; perchè, come dissi, compiuto il circuito, la corrente indietreggia, per la minor resistenza che incontra, e l'ago s'avvicina allo zero; senza che vi si rimetta precisamente: perchè vi torni è necessario risvegliare una corrente in direzione opposta alla prima, la quale, ove sia di troppo vigorosa, giugne a tener l' ago declinato un po' dal suo lato.

Per questo fatto la squistezza dell' apparecchio varia moltissimo fra un esperimento ed un altro, e l'ampiezza delle declinazioni è diversissima secondo che la corrente entra piuttosto da uno o da altro capo del filo del moltiplicatore. Dopo alcuni saggi fatti in una direzione, l' ago è più pronto con una corrente, a cose uguali, che si dirige in un senso opposto.

Le descritte anomalie vennero dopo di me pubblicate da altri fisici. Così se uno de' capi del moltiplicatore, ad ago astatico ben preparato, riesce all' esterna armatura di una giara di circa 100 pollici quadrati di armatura e carica a 20, e l' altro capo terminato in palla si reca a toccare l' uncino della boccia, l' ago devia in verso opposto a quello richiesto dalle leggi sopraindicate, e non ritorna alla posizione iniziale, ma bensì si ferma assai prossimamente nel punto di mezzo della prima oscillazione ch' esso descrive. Che se il filo galvanometrico è interrotto per due decimetri da un filo di canapa inumidito, in allora la deviazione dell'ago si fa in un verso analogo a quello che abbiamo superiormente ricordato, e dopo le consuete oscillazioni ritorna alla posizione iniziale. Anzi le spesse volte avviene, che se il filo galvanometrico tutto metallico e terminato in palla lentamente avvicinasi all'uncino della boccia, la scintilla che scocca tra questo e quella, prima che giungano al contatto, produce un' omologa deviazione, mentre una successiva opposta deviazione determina la rimanente scarica della boccia ottenuta, recando la palla a toccare l' uncino.

L' anonimo autore che compose l' articolo sulle *Memorie di Fisica sperimentale scritte dal prof. Stefano Marianini dopo il* 1836 avvisa, che le esposte anomalie sono fenomeni puramente magnetici; ma egli non esperimentò sul fatto da me avvertito, che congiungendo le estremità del filo del moltiplicatore si ha una corrente che muove in un senso opposto alla prima, non avvertì che allorquando il filo del galvanometro presenta nella estremità opposta a quella che riceve l' elettrico un ampio sfogo, sicchè porzione non ne rimanga addietro nel filo, non avvengono mai le esposte anomalie; solo col rinnovarsi delle esperienze si formano delle polarità secondarie, le quali alterano l' ampiezza delle oscillazioni, che è necessario distruggere co' metodi sopra indicati volendo avere dei risultamenti paragonabili fra di loro.

§ 113. *Dei movimenti elettro-magnetici originati dall' elettrico indotto.*

Questi movimenti furono analizzati fra una magnete permanente ed una temporaria.

Una calamita permanente esposta all' influenza di una temporaria, presenta gl' identici fenomeni delle calamite comuni. Avvertasi però che il magnetismo temporario dura nella massima intensità quanto la corrente elettrica che lo induce, mentre il permanente ancora sussiste dopo l' interruzione della corrente medesima.

Di questo stato sfuggevole del magnetismo temporario, cercarono i fisici di trarne profitto per conoscere la direzione e la forza delle correnti a brevissima durata; e la felice idea di far servire un ago di ferro dolce a questo ufficio è dovuta a *Person.*

Secondo questo fisico si taglia un filo sottile di ferro della lunghezza di 9 a 10 linee; gli si avvolge d' intorno una matassina del solito filo di rame coperto di seta; si fissa l'asse del sistema in posizione verticale; si sospende un pajo di aghi astatici al di sopra della spirale, per modo che uno dei poli passi d' appresso alla parte superiore del filo di ferro sepolto nella spirale; si copre il tutto con una campana di vetro a riserva dei capi della spirale, che deggiono rimaner liberi al di fuori, e l' istrumento è fatto.

Questa costruzione, che venne appresso riprodotta da *Hacchette*, in sentenza del *Nobili*, ha certi difetti che si lusingava un tempo di poter correggere, ma che una più lunga esperienza gli ha dimostrato essere inerenti alla natura dell' istrumento ed irreparabili.

« Sotto l' azione, egli dice, delle scariche elettriche, sia pur quella di una semplice scintilla, il filo di ferro dolce prende un magnetismo, ch' esso conserva più o meno dopo il passaggio della elettricità.

Tale circostanza toglie non solo al sistema una parte della sua sensibilità, ma di più per riconoscere la direzione delle scariche, obbliga il fisico ad invertire le comunicazioni tutte le volte che l'indice astatico si ritrova, per attrazione, fisso sulla punta *amica* del filo di ferro.

« D'altra parte, quali potrebbero essere le ricerche da rendere necessario l' uso del galvanometro *ad ago di ferro dolce*? Non già quelle delle *correnti continue*, che hanno nel moltiplicatore un istrumento di gran lunga più delicato e perfetto: non già le altre dell' *elettricità di tensione*, per cui gli elettrometri sono assai più adattati di qualunque combinazione Galvanometrica.

« Ingrandite le dimensioni dell'apparato, potrebbe da taluno supporsi ch' esso potesse servire con vantaggio alla misura delle scariche elettriche. Ma come assicurarsi che tutta la scarica passi pel filo della spirale? E poi come valutare l'effetto, se il cilindretto di ferro dolce non ritorna mai al suo stato naturale?

« Tali sono le considerazioni che mi fecero dimettere il pensiero d' occuparmi di questa disposizione ».

Non ostante tutto questo, parve al sig. prof. *Marianini* di avere nel magnetismo temporario del ferro dolce un mezzo, che gli presti degli utili servigi alla scienza.

Egli impertanto costruì il suo istrumento a questo modo. Un piccolo cilindro di ferro dolce, privo di magnetismo, di due millimetri di diametro e sette centimetri di lunghezza, è vestito di seta e poi circondato da una spira di filo di rame inargentato e coperto di seta. Il filo ha la grossezza di circa un quinto di millimetro e si avvolge sessanta volte attorno al cilindro, senza che mai le spire si sovrappongano le une alle altre, ricoprendolo tutto quanto. Il filo stesso della spira sopravanza d' ambe le parti di circa tre decimetri. Questo cilindro così allestito è fissato mediante un po' di cera sul coper-

chio di vetro di una scatola, che contiene un ago ben calamitato lungo 8 centimetri e sostenuto da un sottile perno, sul quale riposa mediante un cappelletto di vetro. *L'* asse del cilindro di ferro fa angolo retto con quello della calamita, ed i centri dell' uno e dell' altro si trovano nella stessa linea verticale e distanti fra loro quindici millimetri. Alle appendici della spira sono aggiunte due strisce di piombo, per istabilire più agevolmente le opportune comunicazioni.

Così disposte le cose, ognun vede, che se quel ferro viene ad acquistare le polarità magnetiche, per esempio l' australe alla estremità rivolta all' oriente, e la boreale a quella che guarda l' occaso, il polo sud del ferro attirerà il nord e respingerà il sud dell' ago calamitato, mentre dal canto suo il polo boreale del ferro stesso respingerà il nord ed attrarrà il sud. Si avranno adunque quattro forze tutte tendenti a far girar l' ago nello stesso senso. Quindi per quanto debole sia la magnetizzazione, potrà produrre qualche deviazione nella sottoposta calamita.

Arreca quindi varie esperienze per comprovare la squisitezza del suo apparecchio, fra le quali annovera quelle dei residui delle bocce di Leida. Avendo egli caricata fortemente una piccola bottiglia, indi scaricata mediante un eccitatore metallico, potè deviare l' ago dell' istrumento sino al vigesimo sesto residuo. Un' altra volta vide le deviazioni sino al quarantaduesimo residuo, scaricando sempre sul filo della spira la bottiglia ogni due minuti secondi i primi venticinque residui, ed ogni quattro gli altri. In alcune altre esperienze, dopo che ebbe scaricata la prima volta la bottiglia, la lasciò in riposo per ventiquattr' ore, e poscia potè scaricarla ora quindici, ora venti, e talora anco trenta volte su questo suo elettrometro, e sempre producendo delle deviazioni nell' ago calamitato. Avendo poi il sig. prof. *Marianini* esperimentato che il suo apparecchio dà segni di qualsivoglia elettrica corrente, amò di chiamarlo *re-elettrometro.*

Con questo suo istrumento egli ha potuto stabilire le seguenti leggi:

I. Le deviazioni prodotte nell'ago del re-elettrometro sono tanto maggiori, quanto più grande è la tensione della boccia che le produce.

II. Se nel circuito percorso dalla corrente di una boccia e di cui fa parte la spirale del re-elettrometro, entra un conduttore metallico assai lungo e sottile, oppure un conduttor umido, la deviazione prodotta nell' istrumento è di tanto minore in confronto di quella che avrebbe luogo se quel conduttore non esistesse, quanto minore è, a pari carica, la tensione primitiva della boccia. Perciò di due bocce cariche con uguali dosi di elettrico, quella che ha maggiore capacità, e in conseguenza minore tensione, produce colla sua scarica deviazioni minori di quelle prodotte dall' altra boccia, quando nel circolo si trovi o una persona od un sottil filo metallico lungo parecchi metri; mentre uguali deviazioni esse producono scaricate successivamente sulla sola spirale del re-elettrometro.

III. Le deviazioni dell' ago del re-elettrometro prodotte da bocce caricate da uguale, ma piuttosto piccola tensione, sono di tanto maggiori, quanto più grande è la capacità delle bocce medesime.

IV. Se alla corrente di una bocca si offrono contemporaneamente parecchie vie, alcune metalliche, ma di varia lunghezza, altre formate di conduttori in parte metallici, in parte umidi, essa, suddividendosi, si propaga per tutte, ma segue in maggior copia quella ch' è più corta e più conduttrice.

V. Da un filo metallico percorso dalla corrente istantanea, si può deviare una porzione della medesima, quando i due punti di quello metallicamente si uniscano ai capi di un altro filo; e l' intensità di tale corrente deviata lungo il secondo filo è di tanto maggiore, quanto più discosti tra loro sono gli anzidetti punti.

Questa legge merita d' essere studiata dal fisico,

perchè dalla varia intensità di tale corrente si può scorgere il diverso stato di tensione del filo che è percorso dalla corrente.

ARTICOLO II.

§ 114. *Della Magnetizzazione.*

La magnetizzazione prodotta dall' elettrico di attrito verrà sviluppata: I. Come originata dall' elettrico condotto; II. Come risvegliata dall' elettrico indotto. L' una e l' altra può essere permanente e temporaria.

§ 115. *Della Magnetizzazione permanente prodotta dall' elettrico di attrito condotto.*

Wilson, come abbiamo da *Franklin*, concepì l'idea di magnetizzare il ferro con una forte scarica elettrica; ma perchè egli operò sopra una massa di troppo grande, non consegui l' effetto: ottenne in quella vece *Franklin* una magnetizzazione permanente distinta. Questa nuova comunicata a *Dalibard*, il quale era stato eccitato da *Buffon* a fare l'indicato esperimento, prima che in Francia fossero conosciuti i pensamenti di *Wilson* e di *Franklin*, lo stimolò a rinnovare le esperienze del fisico americano, e n'ebbe felici risultamenti. Egli aggiunse alle esperienze di *Franklin* l' inversione di polarità di un ago, cangiando la direzione della corrente elettrica.

Questi effetti di magnetizzazione si ebbero ancora da altri fisici, come *Wilke*, *Beccaria*, *Van-Marum* e *Dal Negro*.

Il sig. dott. *Giuseppe Mojon*, prof. di chimica a Genova, ottenne la magnetizzazione degli aghi non calamitati tenendoli a poca distanza fra le estremità di due fili comunicanti con una batteria di Leida, in modo che non succeda la scarica istantanea, ma bensì lenta e continuata.

Ma qual è il polo, che acquista l' estremità della verga, per la quale entra l' elettrico? Non convengono i fisici fra di loro, *Dalibard* ammette che acquisti il polo nord quella estremità della verga di acciaio per la quale entra l'elettrico, e il sud quella per la quale esce; altri per converso sostengono il contrario, e adducono che i ferri e le pietre ferruginee colpite dal fulmine e da esso magnetizzate, mostrano inferiormente la polarità nord, e superiormente la polarità sud. Altri finalmente, come il p. *Beccaria*, non vogliono che la polarità segua la direzione della scarica elettrica, ma bensì la direzione che ha l' ago quando è invaso dalla corrente elettrica.

Il p. *Beccaria* soleva prendere un sottil ago fatto di molla di acciaio, lungo due pollici e disporlo nella direzione che prendono gli aghi magnetici, e far passare al luogo di esso la scarica di una piccola batteria, e rinveniva che l' ago acquistava tendenza a dirigere verso il nord quella estremità, che nell'atto della scarica era rivolta al nord, e a dirigere verso il sud l' altra estremità, che era rivolta al mezzodì della terra: e questo tanto nel caso che la scarica fosse entrata dalla estremità nord, quanto nel caso della direzione contraria. Replicata la scarica coll'ago rivolto alla stessa maniera, non aveva verun cangiamento; ma rivolgendo esso ago in direzione contraria, e dandogli quindi una scarica da qualunque banda, i poli si rovesciavano, dirigendosi al nord quello che nella scarica stava rivolto al nord, e che prima si dirigeva al sud.

Disponendo l' ago da levante a ponente in direzione perpendicolare al meridiano magnetico, e facendo quindi passare la scarica, trovava con sorpresa che l' estremità tenuta a levante acquistava tendenza a dirigersi verso levante, e l' altra tenuta a ponente tendeva per conseguenza a dirigersi a ponente. E ciò, qualunque fosse la direzione della corrente. Data una seconda scarica all' ago disposto ancora a questo

modo, non avveniva nessun cangiamento; ma se l'ago si metteva a rovescio, acquistava tendenza a dirigersi in contrario.

Collocando l'ago verticalmente, la scarica gli dava una tendenza a volgere l'estremità inferiore al nord, e la superiore al sud, qualunque fosse la direzione di essa scarica, e qualunque fosse il precedente stato magnetico dell'ago.

Tutti questi risultamenti vennero ottenuti ancora da *Van-Marum,* ad eccezione di quello dell'ago orizzontale collocato perpendicolarmente al meridiano magnetico.

In generale i fisici conobbero che l'effetto della magnetizzazione derivava principalmente dalla posizione degli aghi allorchè sono invasi dalla corrente elettrica, e assai poco dalla direzione della scarica elettrica. Il magnetismo che si comunicava ad un ago era maggiore, allorchè lo si sottoponeva ad una corrente elettrica, collocato che fosse nella direzione dal nord al sud, di quello che avvenisse disposto nella direzione dall'est all'ovest.

Quest'ultima particolarità del magnetizzarsi dell'ago seguendo la direzione ch'esso ha quando è invaso dalla corrente elettrica, mise gravemente in forse le menti dei fisici intorno al modo secondo il quale opera l'elettrico nella magnetizzazione del ferro. L'Elettorale Accademia di Baviera nel 1774 aveva proposto a subbietto di premio la ricerca dell'analogia fra le forze elettriche; e in questa occasione ottenne il premio il lavoro di *Van-Swinden.*

Dalibard avvisò, che il magnetismo non fosse che l'effetto della materia elettrica. *Franklin* fu dell'opposta sentenza. Ecco come si espresse in una lettera del 10 Marzo 1773, diretta a *M. Barbeu-Dubourg,* medico della Facoltà di Parigi, il quale fu incaricato di tradurre in francese, come fece, le opere del celebre fisico americano:

Quanto al magnetismo, egli disse, che sembra prodotto dalla elettricità, la mia opinione attuale si è,

che queste due potenze non abbiano rapporto l' una coll' altra, e che la produzione apparente del magnetismo non sia che accidentale. Vuole che operi in un modo al tutto puramente meccanico, facendo da un lato rarefare il fluido magnetico naturale del ferro, e dall'altro condensare; in una parola, disponendo il fluido magnetico inegualmente nella massa dell' acciaio.

Beccaria pensò, che la causa generale del magnetismo sia la circolazione regolare e costante della massa di fluido elettrico dal nord al sud. Di questa sentenza del p. *Beccaria* trovo ora il sig. *Several*, e *Robert Fox*, sebbene non convengano fra di loro nell' assegnare le cagioni di tali correnti, perchè il primo le riguarda come un effetto delle azioni chimiche che hanno luogo nel globo, ed il secondo come una proprietà delle vene metallifere.

Della sentenza del fisico americano è il sig. prof. *Belli*: « Pare, egli dice, che le scariche elettriche non facciano altro che scuotere le molecole ferree dell' ago, disponendole, se non sono magnetizzate, a ricevere in un istante e assai validamente quel magnetismo che loro tende a imprimere l' azione del globo terrestre, e che esse effettivamente ricevono anche per mezzo di urti meccanici, p. e. venendo percosse da colpi di martello; e se sono magnetizzate, disponendole a perdere il magnetismo precedente, e a ricevere questo nuovo, pure a simiglianza de' colpi di martello, » come discopersero *M. Scoresby* e *Marianini*.

Con questa dottrina dell' urto meccanico si accordano i risultamenti non ha guari ottenuti da *Page* e da *Fusineri*, che vennero superiormente da noi riportati. Finalmente il sig. *de Haldat* in una sua Memoria che ha per titolo *Ricerche sulla forza coercitiva e la polarità delle calamite senza coesione*, riconosce due fluidi differenti, ma simili fra di loro, del quale uno è la causa generale dei fenomeni elettrici e l' altro dei fenomeni magnetici, dotati cia-

scuno della proprietà di mettere in movimento il suo simile, in modo che la magnetizzazione degli aghi per l' elettricità sarebbe sempre l' effetto del magnetismo, ma sviluppato dall'elettrico, come i fenomeni del magnetismo per induzione sarebbero effetti della elettricità sviluppata dal fluido magnetico. Per me tutti i descritti effetti non sono che un risultamento delle correnti elettriche, le quali in parte operano nell' interno della massa fino a una data profondità e producono il magnetismo, e in parte operano all'esterno e manifestano una tensione residua.

§ 116. *Della Magnetizzazione temporaria prodotta in un filo dalla elettricità che lo percorre.*

Non mi è noto, se prima dell' italiano *Michelotti* alcun fisico siasi occupato di questo argomento. Egli attesta, che facendo comunicare le parti opposte di una macchina isolata per mezzo di un filo di platino, non vide ch' esso attirasse sensibilmente la limatura di ferro. Osservò però che l' elettricità che si può condurre dal conduttore o dai cuscini mediante un filo metallico, come il rame, è sensibile all' ago considerato come magnetico. Isolò egli un filo di rame nella direzione del meridiano magnetico, e da un lato parallelamente al medesimo sospese un ago calamitato, e fatto comunicare dal lato nord il filo di rame col conduttore, vide che il polo dell' ago che era diretto al nord, veniva costantemente attratto; e che il contrario succedeva se l'elettricità veniva dal sud. Questo fatto è capitale per la scienza elettromagnetica; ma non potè il nostro fisico iscorgere le diverse polarità trasversali, che sorgono nel filo in virtù della corrente elettrica che lo invade, come io determinai colla Pila di *Volta*, che meglio si presta della elettricità di attritto in queste dilicate ricerche.

§ 117. *Della Magnetizzazione dell' acciaio prodotta dalla elettricità indotta di attrito.*

La felice idea dedotta da principj teoretici di comunicare a volontà i poli ad un ago, valendosi di un' elice per condurre intorno allo stesso il fluido elettrico, parmi appartenere al sig. *Ampere*, il quale la recò ad effetto col sig. *Arago*. Egli scaricando una bottiglia di Leida attraverso di un filo di rame isolato e piegato in elica, in cui aveva collocato un ago di acciaio, ottenne una pronta e distinta magnetizzazione con questa legge: *In un' elice piegata a destra il polo sud, ossia quella parte che si dirige al mezzodì della terra, è sempre dal lato che comunica coll' elettricità positiva, sia essa del conduttore della macchina elettrica, o della bottiglia di Leida: l' opposto avviene usando di un' elice piegata a sinistra;* quindi in una doppia elice, delle quali una sia fatta in direzione opposta dall' altra, si avranno con una sola scarica due aghi inversamente magnetizzati, cioè se l' estremità del primo, che corrisponde a quella del secondo, diviene polo sud, l' altra diviene polo nord.

Si formi infatti con un filo di rame una spira, che contorni un tubo di cristallo, divisa in tre porzioni comunicanti fra loro per mezzo de' fili piegati orizzontalmente. Nella prima le volute si dirigano da destra a sinistra, nella seconda da sinistra a destra, nella terza da destra a sinistra; e posti dentro questo tubo tre aghi corrispondenti sotto le tre spire, le punte de' quali sieno rivolte verso il nord e le code verso il sud, si faccia per queste spire passare la scarica di una boccia di Leida, p. e. di un piede quadrato di superficie alla tensione di 40 dell' elettrometro di *Henley*, la quale versandosi dalla superficie interna di detta boccia all' esterna entri nella spira, le volute della quale sono rivolte da destra a sinistra, e si otterranno gli aghi fortemente magnetizzati. L' ago

posto nella prima spira più distante dalla superficie esterna della boccia, avrà acquistato il polo australe alla punta, e il polo boreale alla coda; il secondo ago posto nella seconda spira, avrà il polo boreale alla punta e l' australe alla coda; e l' ultimo posto nella terza spira, il polo australe alla punta ed il boreale alla coda.

Questi risultamenti dei fisici francesi, come vennero pubblicati, furono ripetuti da varj fisici, come da *G. Moll*, prof. all' Università di Utrecht, *Van-Beck*, colla sola scintilla, e da molti fisici italiani, come *Configliacchi* a Pavia, *Gazzeri*, *Ridolfi*, *Antinori* a Firenze, *Michelotti* a Torino, *Barlocci* a Roma.

Il sig. prof. di Torino non mancò di avvertire, che comunque fosse disposta l' elice o nel meridiano magnetico, o perpendicolare, o trasversale allo stesso, la magnetizzazione ed il grado della medesima avviene sempre nello stesso modo e colla stessa intensità.

Credette bene ancora di notare, che gli aghi posti in doppia elice, collocata per esempio nella direzione del meridiano magnetico, acquistano in modo inverso i loro poli, secondo che si dà la scarica al nord od al sud; perchè in qualunque direzione si consideri un' elice, le sue evoluzioni sono sempre nello stesso senso. Il qual fatto dimostra in un modo evidente, che la direzione dei poli è determinata dalla direzione della corrente elettrica intorno all' ago. Dalla quale proprietà ne conseguita, che un ago collocato nello spazio compreso fra due elici disposte a fianco, l' una delle quali sia piegata a destra e l' altra a sinistra, anche con una forte scarica si deve poco o niente magnetizzare. Il che venne comprovato dal sig. prof. *Michelotti*. E i signori *Gazzeri*, *Rodolfi*, *Antinori* a Firenze, scopersero, che un ago collocato all' esterno di una spirale acquista una polarità inversa a quella, che guadagnerebbe collocato nell' interno della medesima; e che il grado di magnetizza-

zione all' esterno è minore di quello che si ottiene all' interno.

La magnetizzazione degli aghi, come ha pensato *Oersted,* è in ragione della quantità di fluido che viene trasmessa e cresce col numero dei giri delle spire, come ha avvertito *Berzelius*; di questa sentenza è ancora il sig. *Michelotti,* come si ha dal ricordato *Saggio* inserito nelle *Memorie della Reale Accademia di Torino*; e i citati fisici di Firenze videro che rallentando la corrente elettrica cessavano i fenomeni magnetici. Intorno a questo argomento varie esperienze fece ancora il sig. prof. *Barlocci,* per determinare le circostanze che possono concorrere a rendere più completa la magnetizzazione degli aghi con questo mezzo. Egli si avvide che la forza magnetica cresce negli aghi sottoposti all'azione della elettricità dentro spire metalliche, quanto è più grande il numero delle volute, vale a dire quanto più strette e serrate sono le curve, che la corrente elettrica nel suo passaggio è obbligata a percorrere; e perciò quanto più vorticoso si rende il moto dell' elettrico intorno alle sbarre d' acciaio, il magnetismo con intensità tanto maggiore si sviluppa e si manifesta; e che la diversa massa sotto lo stesso volume negli aghi o cilindri di acciaio, che si magnetizzano dentro le spire metalliche, niente influisce all' accrescimento della forza magnetica, la quale s' aumenta in ragione di superficie, come avviene appunto nella elettrizzazione statica de'corpi. Ed infatti avendo egli esposti dentro la stessa elica due cilindri di acciaio dello stesso diametro e della stessa larghezza, alcuni de' quali erano perforati o vuoti all' interno, altri solidi e pieni, alle stesse scariche elettriche, acquistarono tutti la medesima forza magnetica misurata dallo stesso angolo di deviazione, che i cilindri producevano presentati alla medesima distanza sopra un ago da bussola. Questo fatto è in perfetta armonia con quello osservato da *Barlow* in una sfera vuota del peso di 23 once, la quale

esercitava sull'ago la stessa azione, che una sfera piena dello stesso diametro del peso di 120 libbre da sedici once. Ma ciò pare che ammetta dei limiti.

Istudiò ancora il sig. prof. *Barlocci* la diversa forma degli aghi sotto la medesima superficie, e gli parve ch'essa influisca nell'aumento della forza magnetica. Per verificare qual fosse la forma la più vantaggiosa da darsi agli aghi, fece fare da una stessa lamina di acciaio aghi da bussola di diversa figura, aventi però la stessa superficie, altri di forma romboidale aguzza e troncata alle due estremità, altri a freccia, come ordinariamente si costuma, altri di forma rettangolare e cilindrica. Avvolti detti aghi in carta, e collocati tutti l'uno presso l'altro dentro una lunga spira di ottone, e sottoposti alla scarica di una boccia di Leida, che fece passare per detta spira, divennero tutti magnetici, ma con diverso grado di forza: gli aghi di forma rettangolare furono sperimentati dal sig. *Barlocci* di maggior forza tanto nell'attirare la limatura di ferro, quanto nel respingere l'ago magnetico dalla direzione del suo meridiano. Questo fatto però nulla prova a favore di quelli che vogliono che le cilindriche si calamitino di meno.

Finalmente anche la diversa lunghezza, in sentenza del detto prof. *Barlocci*, delle sbarre di acciaio, in parità di circostanze, produce diversi risultamenti riguardo all'intensità di azione magnetica. Infatti sottoponendo dentro la stessa elica sbarre dello stesso diametro, ma di diversa lunghezza, crescenti gradatamente da un pollice sino a dodici, allo stesso colpo elettrico, nella sbarra più lunga riconobbe maggiore forza che in tutte le altre. Sarebbe a sperimentarsi, quali di due verghe di acciaio aventi lo stesso volume, ma una più in lunghezza che in larghezza, sotto la medesima corrente, prendesse magnetismo maggiore.

Le esperienze, che non ha molto fece il *Marianini* sulla magnetizzazione prodotta dall'elettrico in-

dotto di attrito, richiamano altamente l'attenzione del fisico. Io non posso che esporne i risultamenti finali. Il *Marianini* negli anni 1840 e 1843 precisamente ha pubblicato varie Memorie sull'azione magnetizzante della elettricità di attrito, dalle quali raccolgo:

I. Se un ferro venga magnetizzato da una corrente istantanea che si fa circolare mediante una spira metallica attorno ad esso, tolto che sia quel magnetismo, esso diviene più suscettibile di calamitarsi nel senso in cui già lo è stato, e meno suscettibile di calamitarsi nel senso contrario.

II. Se in un ferro è aumentata la suscettibilità a calamitarsi in un senso, cioè in modo che abbia il polo sud a una data estremità, ed è diminuita quella di calamitarsi nel senso opposto, si può accrescergli quest'ultima trattandolo con correnti contrarie; ed in questo caso scema la suscettibilità di calamitarsi nel primo senso. Così si può di nuovo aumentare questa a spese di quella, e far proseguire quanto si vuole questo avvicendamento.

III. L'aumento di suscettibilità a calamitarsi in un senso è uguale al decremento di suscettibilità a calamitarsi nell'altro.

IV. Ripetendo sullo stesso ferro l'azione di una data corrente magnetizzante, l'aumento di suscettibilità in un senso, e quindi il decremento nell'altro, si va sempre facendo più piccolo.

V. Queste suscettibilità, che può acquistare il ferro rispetto a una data corrente, hanno per limiti una suscettibilità nulla, e quella che equivale alla somma delle due suscettibilità, che mostra da principio il ferro nell'uno e nell'altro senso per rispetto a quella corrente medesima.

VI. La variazione nella suscettibilità di magnetizzarsi è accompagnata da variazione nella suscettibilità di smagnetizzarsi; e questa è in ragione inversa di quella.

VII. Questi fenomeni si osservano anche con altre

sostanze suscettibili di magnetismo e facendo uso di mezzi diversi delle correnti istantanee per calamitare o per togliere lo stato magnetico, ed anco senza levare del tutto il magnetismo conseguito; nè pare che il tempo abbia su di essi alcuna sensibile influenza.

VIII. La forza magnetica che un filo di ferro acquista per una data corrente, cresce in generale al crescere della grossezza del filo, ma in una proporzione molto minore di quella con cui crescono le grossezze medesime; e perciò presto si giunge ad un punto in cui la forza magnetica acquistata da un dato filo è minore di quella acquistata da un altro più sottile.

IX. Quando la boccia che si adopera per calamitare ha più capacità, più presto si perviene al punto, al di là del quale, aumentando la grossezza del filo di ferro, il magnetismo prodotto da una data corrente cala invece di crescere.

X. L' acciaio ed il ferro rispetto alle magnetizzazioni operate dalle correnti istantanee si comportano fra di loro come rispetto alle magnetizzazioni ordinarie: cioè l' acciaio può acquistare una forza magnetica maggiore, che non il ferro dolce; acquista poi più difficilmente di esso un dato grado di magnetizzazione e più difficilmente lo perde.

XI. Quando si sottopongono all' azione magnetizzante di una data corrente istantanea più cilindri o fili di ferro o di acciaio, si ottiene una magnetizzazione più forte di quella, che, a parità di circostanze, si produce su di una massa uguale, ma formata di un solo cilindro.

XII. Quando i fili di ferro sono più sottili e quindi è più grande il numero necessario a formare una massa uguale a quella di un dato filo, riesce più forte la magnetizzazione che acquistano per una data corrente elettrica: ma questo aumento di magnetizzazione va scemando al crescere il numero de' fili richiesti a formare una data massa.

XIII. Per distruggere il magnetismo da una data massa di ferro o di acciaio si richieggono correnti più deboli, quando sono in maggior numero i fili impiegati a formare la massa medesima.

XIV. Quando si sottopone un fascio di fili all' azione magnetizzante di una corrente elettrica, l' effetto è molto minore della somma di quelli che si ottengono cimentandoli ad uno ad uno; e questo sembra dipendere principalmente da ciò che i fili i più vicini alla spira indeboliscono l'azione della corrente sopra i più lontani.

XV. Gl' involucri metallici, abbiano essi la forma di tubi o altra qualunque, scemano, generalmente parlando, l' azione magnetizzante delle correnti elettriche istantanee, le quali si fanno circolare attorno ad essi.

XVI. Al variare il diametro de' tubi si osserva, che i larghi affievoliscono più, che non fanno gli stretti l' azione magnetizzante della boccia di Leida di poca capacità; e succede l' opposto quando la capacità della boccia è molta.

XVII. Il tubo formato di lastra grossa indebolisce l' azione magnetizzante più che non faccia quello di lastra sottile, benchè tale proprietà non manchi neppure a' tubi formati di foglie metalliche sottilissime.

XVIII. Varia tale proprietà al variare del metallo con cui è formato il tubo, l' argento, fra i metalli più usitati, occupa a questo riguardo il primo posto, ed il platino l' ultimo.

XIX. I tubi aperti nelle due estremità affievoliscono meno l' azione di cui parliamo, che non i chiusi.

XX. Non v' ha sensibile differenza da un tubo lungo quanto il ferro che contiene, ad altro di lunghezza maggiore. Bensì s' è più corto fa meno effetto.

XXI. Se il tubo è più corto, che non è il ferro, attorno al quale sta, esso indebolisce l' azione magnetizzante molto più quando ricopre la parte mezzana del ferro, che non quando ricopre le estremità.

E ciò perchè la corrente magnetizza di più circolando attorno alle parti mezzane del filo di ferro che non circolando attorno alle estremità.

XXII. Gli involucri metallici i quali circondano il ferro non alterano punto la natura della corrente elettrica, quanto alla sua virtù magnetizzante. Imperocchè tutti i fenomeni relativi e alla qualità de' fili magnetizzati, e alla loro grossezza, e al loro numero, ed alla varia suscettibilità a calamitarsi acquistata dalle precedenti magnetizzazioni (alterazione che vedesi anco ne' frantumi del ferro così modificato), sussistono anche quando la magnetizzazione è operata attraverso d' involucri metallici.

XXIII. Il tubo metallico, nell' indebolire l' azione magnetizzante della corrente elettrica, non opera opponendo un ostacolo al passaggio di tale azione, ma bensì opera come una forza contraria ad essa.

XXIV. Questa forza che si oppone all' azione magnetizzante della corrente elettrica non esiste nel tubo metallico che circonda il ferro, perchè in esso non si osserva alcuna virtù nè magnetizzante nè smagnetizzante: ma nasce nel momento stesso che la spira contenente il tubo è invasa dalla corrente.

XXV. Questa forza, che nasce nel tubo quando per la spira che lo contiene circola l' elettrico, non è una forza la quale scemi nel ferro l' attitudine a magnetizzarsi, ma bensì una forza che indebolisce la corrente. Imperocchè quando il ferro è ridotto al segno che per una data corrente si magnetizza meno che non fa per una corrente più debole, allora si vede il ferro calamitarsi di più quando è circondato dal tubo.

XXVI. Il tubo metallico non indebolisce la corrente, che vi circola attorno in senso assoluto, ma solo relativamente all' azione magnetizzante il ferro contenuto in esso.

XXVII. E tale forza, la quale nasce nel tubo e indebolisce l' azione della corrente che vi gira attorno, consiste in una corrente d'induzione, la quale

gira in senso opposto all' inducente che circola nella spira. Del che n' ebbe molte prove, tra le quali noi ricorderemo che il ferro collocato nella spira prende un magnetismo opposto a quello collocato fra la spira ed il tubo.

XXVIII. Un cilindro o altro prisma qualunque di ferro, o di altra sostanza magnetizzabile non calamitata o anche solamente priva di polarità magnetica, indebolisce il magnetismo di un prisma di sostanza calamitata al quale si trova vicino, come vedemmo.

XXIX. Allorchè si magnetizza mediante una corrente leido-elettrica un fascio di fili di ferro o un prisma di qualche grossezza, il ferro esteriore, come involucro metallico, scema l' azione della corrente sul ferro più interno, il quale rimanendo poco o nulla magnetizzato, indebolisce colla sua presenza una parte del magnetismo concepito dall' involucro esteriore.

XXX. Le azioni magnetizzanti della boccia di Leida, della coppia Voltaica e della calamita, si accordano tutte nell' alterare la suscettibilità del ferro d' acquistare un dato polo da una data parte, quando esse lo magnetizzano ripetutamente in un dato senso: si accordano quando operano sul ferro alterato nella sua suscettibilità; come ancora nel far più effetto quando tendono a distruggere, che non quando tendono a rinforzare la polarità del ferro, qualora sia privo di magnetismo latente, o dissimulato.

XXXI. La corrente leido-elettrica e la voltaica vanno pur d' accordo nel magnetizzare più fortemente un cilindro di ferro quando operano solamente sulla parte di mezzo, che non quando operano solamente sopra un'altra parte del ferro stesso.

XXXII. La boccia di Leida imprime nel ferro una forza magnetica, la quale non vien meno al cessare della sua azione: non così la corrente voltaica, la quale lascia nel ferro soltanto una piccola porzione del magnetismo di cui lo investe durante il circolo.

XXXIII. La coppia voltaica e la calamita sono d'accordo nel magnetizzare i fasci di filo di ferro, ed il ferro circondato da tubi metallici; ma in ciò non s'accordano colla boccia di Leida, imperocchè quelle imprimono egual forza magnetica in un fascio di fili, ed in un ferro unico, lungo e pesante quanto il fascio, e la loro azione magnetizzante non è indebolita dai tubi metallici circondanti il ferro; e questa magnetizza il fascio di fili di ferro più fortemente che non il filo unico di ugual massa e lunghezza, e viene sempre affievolita e bene spesso anco annientata dagli involucri metallici.

XXXIV. La ragione delle notate discrepanze tra le operazioni cagionate dalla boccia di Leida e quelle della coppia voltaica, sta probabilmente nell'enorme differenza che v'è tra le tensioni di questi due congegni.

A questa medesima conclusione io era giunto fino dal 1840, confrontando le induzioni prodotte dalle correnti Volta e leido-elettrica; anzi comprovai che l'induzione dinamica magnetizzante attraversa involucri e diaframmi di ferro, sebbene concorrano ad indebolirne la forza; indebolimento che cresce al crescere dello spessore degli involucri e dei diaframmi (1). Il contrario era stato annunziato dal *Pacinotti* alla Riunione de' Naturalisti Italiani raccolti in Firenze, e il *Mossotti* si era argomentato di avvalorare gli esperimenti colla teoria matematica; e in ciò diede la prova della sua falsità.

(1) *Zantedeschi, lettera al sig. Ambrogio dottor Fusinieri direttore degli Annali delle Scienze del regno Lombardo-Veneto, sull' Induzione dinamica attraverso involucri e diaframmi di ferro, Annali delle scienze.*

CAPO TERZO.

§ 118. *Dell' Elettro-magnetico atmosferico.*

Quell' ordine che ho seguito ne' precedenti capitoli, terrò ancora ragionando dell'elettro-magnetico atmosferico; e perciò parlerò da prima de' movimenti prodotti dall' elettro-magnetico, di poi della magnetizzazione.

ARTICOLO I.

§ 119. *Dei movimenti prodotti dall'elettro-magnetico atmosferico.*

È noto a' fisici, come prima del *Volta* si esplorava l' elettricità atmosferica cogli aquiloni o cervi volanti di *Franklin*, coi razzi del p. *Beccaria*, coi palloni areostatici, e finalmente coll' elettrometro atmosferico portatile di *Cavallo*, perfezionato da *Saussure*; coi quali congegni, dopo la discoperta della vigorosa elettricità atmosferica fatta da *Franklin*, *Monnier* rinvenne l'elettricità dell'aria serena, *Saussure* e *Beccaria* determinarono con precisione il giornaliero periodo elettrico intraveduto dal primo, *Volta* cercò assegnare la causa degli sbilanci elettrici tra il cielo e la terra; e dopo la discoperta del conflitto elettro-magnetico, *Collandon* fu il primo che imaginò di adoperare il moltiplicatore per esplorare l' elettricità aerea, al quale venne dietro *Peltier*, che faceva comunicare un capo del filo del moltiplicatore col suolo, e l'altro lo dirigeva nell' atmosfera: ma questi fisici non hanno potuto avere le deviazioni galvanometriche, che al sopravvenire della pioggia. A cielo sereno la deviazione dell' ago fu costantemente nulla per questi fisici. Per converso col mio *elettro-magnetometro*, che consiste in un moltiplicatore e in un conduttore isolato collocato vertical-

mente, le estremità del quale con particolare congegno, come vedesi nella Figura 54, si fanno comunicare coi capi del filo del galvanometro, ho indeficientemente manifesti segni elettrici, sperimentando nella mia stanza. Io soglio usare cilindri del diametro di 10 linee e della lunghezza di due pollici del piede parigino, e per l' omogeneità di tutto l' apparecchio preferisco quelli di rame. Adoperando cilindri di ferro dolce, le deviazioni galvanometriche riescono più cospicue. Se l' atmosfera per esempio è positiva, il fluido elettrico dalla parte superiore del conduttore isolato, rimosso si condensa nella parte inferiore; o per converso, se l' atmosfera è negativa, smosso dalla parte inferiore, si raccoglie nella superiore dello stesso conduttore. Un tale spostamento dell' elettrico naturale del conduttore isolato è la sola cagione di quella corrente che si risveglia nel moltiplicatore, la quale fa deviar l' ago; e siccome nello scorrere delle nubi l' aria sovraincombente passa dal *più* al *meno*, o viceversa, così con pari rapidità la corrente elettrica va e viene da destra a sinistra, o per converso; del qual cangiarsi di direzione si ha argomento indubitato nella deviazione dell' ago. Mi venne voglia più volte di tener chiuso il circuito per vedere che cosa avvenisse, ricordevole che quando esperimentava in Pavia nel 1829, e successivamente a Verona ed a Brescia colle calamite a circuito chiuso, lasciato trascorrere qualche tempo, trovava sempre l' ago del moltiplicatore più o meno rimosso da quella posizione in cui lo avea lasciato nell'ultimo esperimento. Io era allora in dubbio se un tale effetto si dovesse attribuire all' azione termica o ai cangiamenti della elettricità atmosferica; dalla quale incertezza sono uscito mercè le esperienze, che nel 1836 feci in Brescia, e rinnovai in Milano. Nella sera impertanto del 15 marzo 1837, io tenni chiuso il circuito dalle cinque pomeridiane fino alle dieci. Era l' atmosfera agitata; dense nubi si succedevano con rapidità allo

zenit della mia casa che era il numero 1405 della contrada Cavalchina; copia abbondante di pioggia ad intervalli, onde di vento. In tutto questo intervallo, l' ago fu in continua oscillazione di circa sei gradi da destra a sinistra; il movimento precedeva di qualche minuto secondo la caduta della pioggia, e l' ondata del vento; e nel 20 marzo, in cui alle ore cinque pomeridiane si manifestò nell' atmosfera un' elettricità fragorosa, osservai che l' ago deviava da un lato, prima che scoppiasse il fulmine, e subito dopo si dirigeva al lato opposto per più gradi. Aprendo e chiudendo ad intervalli il circuito ne' giorni in cui vi erano al mio zenit delle nubi erranti, senza che però cadesse la pioggia, ho veduto l' ago deviarsi ora alla mia destra, ora alla mia sinistra, secondo che si cangiava l'azione elettrica dell' atmosfera sovraincombente. Per non dilungarmi di troppo, io non riferirò che i risultamenti ottenuti nel giorno sedici dello stesso mese di marzo:

$8^3/_4$ an. m.	declinazione a destra	di 4°.
$9^1/_2$ an. m.	declinazione a sinistra	di 5°.
$9^3/_4$ an. m.	declinazione a destra	di 5°.
10 an. m.	declinazione a destra	di 10°.
$^1/_2$ p. m.	declinazione a sinistra	di 5.°
	subito dopo, declin. a destra	di 3°.
$1^1/_2$ p. m.	declinazione a sinistra	di 8°.
2 p. m.	declinazione a destra	di 4°.

Un anno dopo di me, *Peltier* comunicò a' dotti delle osservazioni ch' ei fece sullo stato elettrico delle nubi: Egli vide ne' giorni procellosi, che prima o al momento dell'apparire della luce elettrica, l'ago magnetico deviava da un lato, e dopo, che ritrocedeva dall' opposto. Lo stesso fenomeno osservò egli prima che cadesse la gragnuola e il *grèsil*, e all'atto della loro caduta; ma non vide mai movimento di sorta nell' ago al cadere della semplice neve, per cui egli riguarda il *grèsil* e la gragnuola come effetti che s'accompagnano sempre a scariche elettriche. A

consimili effetti pervennero ancora altri fisici, come abbiamo dai giornali scientifici di Francia.

Io ho pensato di modificare il mio elettro-magnetometro atmosferico, come vedesi nella Figura 55. B e C sono due lamine di rame isolate, comunicano co' fili A e D, il primo de' quali sormonta l'altezza dell'edificio in cui si esperimenta, il secondo s'immerge nel suolo. E H è un cilindro parimente di rame, il quale è in comunicazione coi fili M N del moltiplicatore. La parte però E G è divisa da F H mediante una sostanza coibente F G. Tutto questo pezzo ha un movimento di rotazione intorno ad un asse orizzontale, che è sostenuto da un telajo fermato nel muro.

Per esplorare lo stato atmosferico; si portano le due parti E H in contatto colle lamine B e C, e dal movimento dell'ago si può conoscere se A è positivo o negativo in confronto di D.

Ho pure imaginato di disporre le lamine B C in modo, da formare un condensatore, per rendere gli effetti più cospicui, come è rappresentato dalla Figura 56, in cui B C è il condensatore. Il piattello B si può muovere d'intorno ad un asse R; per cui allontanato da C, all'atto che si compie il circuito, rimane assestato da poter rimettersi alla primitiva posizione, tolto che sia il contatto del cilindro E H.

ARTICOLO II.

§ 120. *Della magnetizzazione prodotta dall'elettricità atmosferica.*

Più volte era stato osservato, come abbiamo dalle *Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Parigi* e dalle *Transazioni filosofiche di Londra* dalle *Lettere del p. Beccaria*, e dai *Cenni Istorici di M. Sigaud De la Fond* che il fulmine aveva calamitato ferri, coltelli, che non toccarono mai calamita; e in altre opere si legge, che ebbe potenza di tramutare

la polarità agli aghi da bussola. Infatti nel primo volume della *Repubblica delle Lettere* leggiamo, che gli aghi di un vascello inglese, sul quale cadette un fulmine tramutarono la loro polarità la quale rimase costante. Il pilota ignaro di quanto era accaduto, si rimise sulla via da cui era venuto. Fu avvertito del suo errore all' abbattersi in un altro vascello, che gli fece osservare come i poli del suo ago fossero cangiati. Un consimile fenomeno riferisce *Franklin* essere accaduto al vascello del capitano *Waldel* per l'azione del fulmine, e finalmente *Arago*, autore di un articolo sulle forze magnetiche inserito nell' *Annuaire* del 1819, riferisce come testimonio oculare, che un bastimento genovese diretto a Marsiglia fu colpito da un fulmine a poca distanza da Algeri, e che gli aghi da bussola fecero tutti una semirivoluzione. Il bastimento venne a dare nel secco sulla costa al momento, che il pilota credeva avere il capo rivolto al nord. Altri fatti riferiscono gli Annali della fisica.

È da qualche anno che io soglio determinare la direzione della corrente elettrica mediante la polarità che prendono gli aghi ravvolti in elici, che fanno parte dello scaricatore del parafulmine.

Io porrò fine a questa Sezione, osservando che col progresso del tempo potrà stabilirsi una teorica matematica sull' elettro-magnetico; ma che questo tempo non è peranco giunto: Egli sarebbe prematuro, dice *Grove*, di stabilire l'epoca nella quale una teoria matematica delle forze e delle resistenze potrà essere applicata a ciascuna delle forze, allorchè è affetta dalle altre. Vi sono non ostante delle ragioni soddisfacenti per credere che questo periodo non è lontano. Allorchè adunque il *Majocchi* in un articolo de' suoi Annali di fisica per l'anno 1844, mi criticò perchè non usai la teoria matematica di *Ampere*, quasi l' ignorassi, si manifestò fisico per lo meno inesatto.

§ 121. *Del Termo-luci-Elettrico e Magnetico.*

Questa Sezione è naturalmente in quattro capi divisa.

Nel primo si parla del termo-elettrico; nel secondo del termo-magnetico; nel terzo del luci-elettrico; nel quarto del luci-magnetico.

CAPO PRIMO

§ 122. *Del Termo-Elettrico.*

Il calorico comunicato da alcuni corpi poco conduttori, o propagato nei metalli e in genere nei corpi buoni conduttori, è una sorgente di elettricità. Nei primi si sviluppa allo stato di tensione, e da *Brewster Rose* e *Riess* si dice *piro-elettricità ;* negli altri allo stato ancora di corrente, e si chiama comunemente *termo-elettricità*, Cominciamo dai primi.

ARTICOLO I.

§ 123. *Del Termo-Elettricismo Statico.*

Pare che gli antichi non abbiano ignorato che alcuni minerali pietrosi, riscaldati che fossero acquistavano la virtù di attrarre i corpi leggieri. Gli Indiani da gran tempo conoscono una pietra, che riscaldata al fuoco acquista la potenza di attrarre la cenere detta dagli indigeni *tournamal.* Questa pietra venne chiamata anche *lyncurium*, ed ora vien detta *tormalina* o *turmalina*, la quale rinviensi precipuamente nei terreni ignei o di fusione. La prima volta venne portato questo minerale dal *Ceylan*, e fu studiato sino a' nostri giorni da peritissimi fisici, come da *Lemery*, *Lechman*, *Daubenton*, e *Adanson*, dal *Duca di Noia*, *Caraffa*, dal *Conte Pichetti*, da *Epino*, da *Heberden*, da

Sharpe, da *Wilson*, da *Canton*, da *Priestely*, da *Bergmann*, da *Haüy*, *Brewster*, *Becquerel*, *Forbes*, *Pianciani*, *Rose*, *Riess* e molti altri, i quali estesero le loro ricerche ai *topazj*, all'*assianite*, al *mesotipo*, alla *frenite*, allo *zinco ossidato silicifero*, o *silicato di zinco*, al *titanio siliceo-calcario*, o *steno*, alla *boracite* o *borato di magnesia*, ecc. ecc.

Il primo però che ha potuto verificare, che le attrazioni e ripulsioni della tormalina riscaldata sono dovute all'elettricità è stato Epino, il quale pure si avvide, che alle estremità dei cristalli di questa sostanza si trova la maggior azione di attrazione e di ripulsione.

Tutte le ricerche che posteriormente sino a noi furon fatte intorno a questo argomento, possono essere soltanto a tre ridotte. I. *Quali sono le relazioni della temperatura coi fenomeni elettrici, che presentano la tormalina ed altri cristalli?* II. *I fenomeni de' cristalli termo-elettrici hanno rapporto con le loro dimensioni, e con la loro forma?* III. *Quali sono le sentenze de' fisici intorno alla termo-elettricità?*

§ 124 A.) *Delle relazioni tra la temperatura ed i fenomeni elettrici de' cristalli.*

I rapporti che si riferiscono alla temperatura possono essere nelle seguenti leggi compresi:

I. *L' elettricità non si desta nella tormalina, non già perchè sia ad alta o a bassa temperatura, ma bensì per l'attuale abbassarsi od elevarsi della sua temperatura.*

II. *Il polo che raffreddandosi è positivo o vitreo, riscaldandosi è negativo o resinoso.*

III. *Riscaldata o raffreddata in tutta la lunghezza una tormalina, le due estremità prendono una elettricità opposta, l'una positiva, negativa l'altra*, che decrescono verso la metà, ove la tensione è nulla. Chiamasi elettricità *ordinaria* quella che è prodotta da un aumento di temperatura, ed elettricità *straor-*

dinaria quella che nasce spontaneamente nell'abbassarsi della stessa temperatura.

Queste tre leggi emergono evidentemente dalle esperienze di *Canton*, di *Bergmann*, di *Becquerel* e di altri.

Haüy avendo esposto un pezzetto di zinco ossidato silicifero, ossia di silicato di zinco, sur una finestra, ove il termometro segnava — 11° C, dopo alcuni istanti, trovatolo elettrizzato, ne determinò i poli, e avendolo portato in una camera ove il termometro segnava + 4° C, l'elettricità diminuì, e a poco a poco si spense. L'avvicinò fino alla distanza di un metro ad un cammino, ove era acceso il fuoco e prontamente risorse l'azione de' suoi poli, ma inversamente.

Qualche volta, allorchè l'elettricità è sul rovesciarsi, i poli sono amendue positivi, o amendue negativi, perchè in uno l'elettricità s'inverte prima che nell'altro. A questa cagione pare doversi riferire i risultamenti avuti da *Epino*, *Zallinger*, *Haüy*, i quali hanno osservato dei rovesciamenti di polarità in cristalli termo-elettrici, che loro destarono non poca meraviglia.

IV. *Secondo le esperienze di Bergmann, se una estremità di una tormalina si riscalda, mentre l'altra si raffredda, amendue i poli presentano una elettricità o positiva o negativa.* Questa legge venne verificata da *Becquerel* e da altri fisici.

V. *Secondo le esperienze di Becquerel, se una estremità di una tormalina si riscalda o si raffredda, mentre l'altra rimane stazionaria, uno de' poli si elettrizza in più o in meno, e l'altro rimane in istato naturale.*

Per verificare queste leggi, sopra un sostegno si collochi una lastra di metallo sulla quale poggi un cilindro di vetro. In esso si cali un cristallo di tormalina sospeso ad un filo di seta, finchè giunga a poca distanza dalla lastra metallica. Un termometro convenientemente adattato segni la temperatura; e

due globetti comunicanti coi poli di due Pile a secco che si avvicinano alle estremità della tormalina, indichino lo stato elettrico che ella acquista, allorchè si riscalda la lastra metallica, mediante una lucerna ad alcoole sottopostavi (*Fig.* 57). Talvolta si usa pei cristalli meno eccitabili di far passare rapidamente da una bassa ad un'alta temperatura, come da un luogo freddo ad un luogo caldissimo, e viceversa.

Per quanto mi sappia, non hanno i fisici peranco potuto trovare relazione tra il riscaldamento o il raffreddamento e la forza elettrica della tormalina. Dalle esperienze di *Becquerel* appare manifesto che da 115° fino a 100 fu molto minore che da 100° a 90°; appresso decrebbe fino a 70°; da 70° a 40° rimase sensibilmente stazionaria; da 40° a 20°, diminuì presso a poco nella medesima proporzione, che crebbe da 100° fino a 70°. La polarità elettrica disparve interamente a + 15°, mentre avea incominciato ad essere sensibile a + 50°. Osservò pure lo stesso Elettricista, che il riscaldamento e il raffreddamento sono più efficaci allorchè son rapidi di quello che lenti, e che il raffreddamento pare più efficace dello riscaldamento. Sembra dalle mie esperienze, che in questi fenomeni v'intervenga l'elemento del tempo in relazione all'isolamento più o meno perfetto.

VI. *L'elettricità che acquista la tormalina nelle variazioni di temperatura è ancora sensibile, allorchè il cristallo più non si riscalda, nè si raffredda.*

Taluni de' fisici avvisano, che all'istante in cui la temperatura è stazionaria, cessa il cristallo di essere elettrizzato, come *Canton, Priestley, Becquerel* e *Forbes*; il fisico *Pianciani* però fa saggiamente avvertire che non saprebbe conciliare questa proposizione nè con la ragione, nè coi fatti. Non con la ragione, perocchè, destate che sono una volta a' due capi di una tormalina o di un altro cristallo coibente, e. g. di topazio, le due elettricità, pare che cessata la

cagione dell'eccitamento, debba perseverare per qualche tempo l'effetto (come sempre avviene negli isolanti elettrizzati), fuorchè nel caso in cui il cristallo essendo poco isolante, e trovandosi in un'aria per umidità o per altro, piuttosto deferente che isolante, nell'ultimo periodo dell' eccitamento i poli acquistano meno di quello che perdono. In questo caso, al cessare della cagion eccitante, potrà l' elettricità essere minima e durar solo un istante, onde sarà a un dipresso vera, e vera al tutto apparirà l'allegata proposizione. Ma in altri casi sembra, che la tensione elettrica dovrà durare (cessata la cagione che l' ha destata) per un tempo che sarà in ragione composta della virtù isolante del cristallo o di quella dell' aria. Non pare adunque che quella proposizione possa ammettersi in generale, specialmente se intendasi parlare di tutti i cristalli termoelettrici.

Nè facilmente essa si concilia coi fatti. *Epino* vide una tormalina conservare la virtù elettrica per 6 ore; e alcune volte osservò anche l'elettricità *straordinaria* (prodotta dal riscaldamento), mentre il cristallo non solo più non si riscaldava, ma si raffreddava, e disponevasi perciò a mostrar segni di elettricità *ordinaria*, ciò che ancora da *Canton* fu osservato; ma *Priestley* confermò questa osservazione, e vide che la tormalina, elettrizzata per raffreddamento, riteneva l'elettricità acquistata non solo mentre riscaldavasi, ma eziandio per un tempo considerabile, dopochè restava allo stesso grado di calore. I topazj di Siberia *conservano tutti, secondo Haüy, per parecchie ore, e spesso per 20 o 24 ore, l'elettricità acquistata mediante il calore.* I topazj sono di fatto assai isolanti; ritengono, allorchè il tempo è favorevole, 24 ore e più l' elettricità acquistata per istropicciamento, e ancora per parecchie ore quella destata dalla pressione fra le dita. I cristalli di zucchero, piuttosto conduttori che isolati, non mi mostravano ordinariamente, anche in buone giornate, i

segni elettrici per più di 6 o 7 minuti primi: pure in un giorno assai secco e ventoso uno di essi si conservò elettrico per quasi cinque quarti d'ora.

« Gli esperimenti del sig. *Forbes* dimostrano bensì che le sue tormaline non conservavano per lungo tempo l'elettricità, dopo aver perduto il calore, benchè fossero sostenute da un isolante, ed ottimo isolante fosse il suo elettrometro; ma, s'io mal non avviso, non dimostrano che, cessato appena il cangiarsi della temperatura, niun vestigio di elettricità restasse in esse; perchè non avendo egli esplorato la temperatura de' cristalli, può altri sospettare che questa cessasse al decrescere prima del cessare dei segni elettrici, e che questi sarebbero stati per avventura più durevoli, se più asciutta fosse stata l'aria.

« Veggo con piacere che il sig. *Forbes*, verso il fine del suo scritto, non si mostra punto lontano dalle idee che abbiamo di sopra esposte. Anch'egli ha osservato la lunga durata della elettricità in varj cristalli di topazio. In uno di questi, la massima deviazione dell'ago che si fece in pochi minuti, fu di 115°: in 20 minuti, appena era diminuita, dopo 40' era ancora di 95°, dopo un'ora di 85°; e trascorse alcune ore era ancora considerabilmente elettrico. Ponendo mente a questi fatti, si può, dice egli, spiegare come *Epino* abbia detto, che la tormalina isolata mantiene l'elettricità per alcune ore; e ciò supponendo ch'egli sperimentasse con un cristallo grande e difficilmente eccitabile, simile a questo topazio. Il quale al tempo stesso concepiva forte elettricità. Il sig. *Forbes* sottopose all'esperienza un cristallo di boracite, che ha circa un terzo di pollice di lato dal suo cubo: il dischetto allontanavasi dal suo polo per 10 minuti circa; lo scemar della elettricità era assai lento; in tre quarti d'ora il dischetto s'era appena mosso. Sperimentò un piccolo cristallo della stessa sostanza: il dischetto allontanandosi giunse presto al *maximum*, e tornò al suo posto in un esperimento dopo venti minuti, e in un altro dopo mezz'ora ».

Tutti questi fatti impertanto comprovano, che l'elettrico, risvegliato o per diminuita o per accresciuta temperatura, istantaneamente non si dissipa; come più volte io pure ebbi a verificare.

Le osservazioni dei fisici non sono ancora d'accordo nello stabilire il grado di calore, al quale nel minerale l'elettricità comparisce; quello oltre il quale cessa dal manifestarvisi; quello in cui ricomparisce *straordinaria;* quello in cui la si manifesta *polare;* quello nel quale la *straordinaria* ritorna finalmente *polare;* e quello in cui ritornata *straordinaria*, svanisce. *Epino* osservò che una tormalina non era eccitabile che dai 30° agli 80° del termometro a scala comune: *Haüy* vide scomparire l'elettricità *straordinaria* al di sotto dello zero gradi; e nello *zinco ossidato aghiforme* manifestarsi l'elettricità polare all'ordinaria temperatura dell'atmosfera, e la straordinaria continuarvi fino a — 11° dello stesso termometro.

Le differenze che intercedono fra cristallo e cristallo sono troppo numerose, e non permettono che si possano stabilire delle regole generali. *Forbes* osservò, che un cristallo di tormalina, il quale pareva sensibilmente di struttura regolare, raffreddandosi manifestava le due polarità positive; le negative erano al centro.

L'esperienza comprova che le variazioni piro-elettriche della tormalina variano nei seguenti sei modi:

+ . . . . —
+ . . . . +
— . . . . —
+ 0
— 0
— . . . . +

I signori *Rose* e *Riess* chiamano polo *analogo* quello che prende l'elettricità positiva, quando la temperatura s'innalza; e la negativa, quando la si abbassa; e *antilogo* il polo che presenta l'effetto contrario.

§ 125. B.) *Dei fenomeni termo-elettrici considerati in ordine alle dimensioni, forme e trasparenza dei cristalli.*

Rispetto alla seconda ricerca, riferibile ai rapporti che i fenomeni termo-elettrici possono avere con le dimensioni, con la forma e trasparenza de' cristalli, osserviamo:

I. *Che dalle esperienze di Becquerel* e di *Forbes sembra dedursi che la soverchia lunghezza non giovi, anzi talvolta sia di danno all' eccitamento elettrico delle tormaline per mezzo del calore.* Abbiamo che una tormalina assai lunga, ricusò di elettrizzarsi; ridotta in pezzi, i suoi frammenti si elettrizzarono tosto; e diverse tormaline di varia lunghezza presentarono tensioni tanto più forti quanto furono più piccole. Il *Becquerel* non trovò eccitabile una tormalina lunga 8 centimetri e del diametro di due millimetri all' incirca. *Forbes* ha trovato capace di forte eccitamento una tormalina lunga pollici inglesi 3, 25. Differiscono di troppo, conchiude *Pianciani*, un dall' altro questi cristalli, perchè si possano stabilire delle regole certe. Quello che possiamo affermare di certo si è, che la forza termo-elettrica di essi non eguaglia quella delle sue parti prese insieme, e talora neppur una di queste parti.

Il *Forbes* determinò con diligenza l'energia di un cristallo lungo poll. 1 $^1/_4$: la trovò rispondente a 45° di deviazione del suo elettrometro. Immediatamente da uno de' capi tagliò una quarta parte, scaldò le due parti, e determinò la forza elettrica di ciascuna tre volte: il valor medio della maggiore diede una deviazione di 47°, quello della minore di 43°. Trovò egli, che paragonando più cristalli ne' quali considerabilmente è diversa la grossezza o l' area della sezione, quasi sempre il cristallo più largo è più energico, ed i cristalli corti forniti di grand' area sono forse i più attivi. Ma secondo le esperienze del

Pianciani, da me ripetute, pare che la piccolezza renda meno durevoli i segni elettrici e nelle tormaline e nello zucchero; mentre li rende più pronti anche per cangiamenti di temperatura debolissimi, come osservò *Becquerel*.

II. *Che dalle osservazioni di Haüy pare potersi stabilire che le opposte elettricità polari si derivino da mancanza di simmetria fra le due estremità del cristallo, ossia da decrescimenti diversi.* Ciò venne verificato dal Cristallografo francese in varie sostanze come topazio, boracite, mesotipo, silicato di zinco, sfene, assinite e frenite.

La tormalina si presenta sotto forme diverse, il tipo principale delle quali è un romboedro. La varietà isogana di *Haüy* è un prisma a nove piani terminato da un lato con una estremità a sei facce, tre delle quali appartengono alla forma primitiva; e dal lato opposto con una estremità a tre facce, che sono le analoghe alle facce appartenenti alla forma primitiva. In questa varietà non si verifica la legge di simmetria.

Il *topazio* si presenta in prismi romboidali semplici o modificati da altri prismi.

La *boracite* si presenta sotto la forma di un cubo modificato ordinariamente sugli spigoli e sugli angoli solidi, in modo che questi derogano completamente alla legge di simmetria.

L'*assenite* ha per forma primitiva un prisma diritto irregolare a basi obbliquangole. *Haüy* ha scoperto che non divengono termo-elettrici se non che i cristalli che derogano alla legge di simmetria.

Il *mesotipo* ha per forma primitiva un prisma diritto romboidale che si suddivide diagonalmente. Secondo *Haüy*, non avvi che una parte dei cristalli di questa sostanza che possieda la proprietà termo-elettrica; egli non ha potuto determinare in una maniera precisa le differenze di configurazione fra le parti, nelle quali risiedono i due poli elettrici.

La *prenite* ha per forma primitiva un prisma diritto

romboidale divisibile nel senso delle piccole diagonali delle basi. *Haüy* ha supposto ma non dimostrato, il difetto di simmetria.

Il *silicato di zinco* ha per forma primitiva un ottaedro, e si presenta in prismi esaedri a sommità diedre, che godono della termo-elettricità. *Haüy* ha supposto, ma non dimostrato, il difetto di simmetria anche in questo minerale.

Lo *sfene* ha per forma primitiva un ottaedro romboidale. Secondo *Haüy* non è che una parte del cristallo che sia termo-elettrico, nella quale non si riscontra la legge di simmetria.

Nel 1824 il sig. *Brewster* annunziò di aver ritrovati termo-elettrici molti altri cristalli, nei quali non si è osservata alcuna mancanza di simmetria.

Si valeva egli per elettroscopio della membrana interna sottilissima dell' *arundo fragmites*. I cristalli da lui ricordati appartengono alle specie seguenti: Spato calcario (carbonato di calce), quarzo, berillo, solfato di barite, solfato di strontiana, carbonato di piombo, spato fluore, idocrasia, granato, diamante, solfo, solfuro d' arsenico, analcimo, scolezite, diopside; ed i seguenti ottenuti con l'arte: Acido citrico, ossalato d' ammoniaca, ossi-muriato di potassa, solfato di soda e magnesia, solfato d' ammoniaca, solfato di ferro, solfato di magnesia, prussiato (idrocianato) di potassa, acetato di piombo, carbonato di potassa. ossimuriato di mercurio, zucchero, acido tartarico, tartrato di soda e potassa.

Afferma il *Brewster* di aver ritrovato nelle ultime due sostanze una elettricità bastantemente forte, ma debolissima in tutte le altre. Alcuni fisici come *Despretz* e *Pouillet*, hanno inserito nei loro elementi di fisica questa scoperta, e così aumentato di molto il numero delle sostanze termo-elettriche.

Ma il fisico *Pianciani* fa osservare, che in alcuni di questi cristalli non ha potuto rinvenire coll' elettroscopio di *Haüy* effetto sensibile, in altri segni debolissimi, in nessuno i poli elettrici; e che non è

mai riuscito ad avere elettricità positiva. « In una parola l'elettricità di questi corpi riscaldati, egli dice, punto non differisce da quella che in simili circostanze si è talora osservata nel legno o in altri corpi vegetabili che abbiamo spiegato coll' evaporazione, alla quale si può aggiungere la chimica separazione che frequentemente l' accompagna. Difatto i corpi che mostrano maggiori segni elettrici sono i vaporanti, cioè il nitrato di potassa, il tartrato di soda e potassa, e l' acido tartarico; e le sostanze pietrose raro è che dieno qualche segno assai debole e fuggitivo. Non saprei dunque come attribuire finora ad altra cagione l'elettricità di questi cristalli. Forse è a dirsi lo stesso dell' elettricità acquistata col riscaldamento da alcuni giacinti, secondo il sig. *Beudant*, e dal minerale detto *acanticolite*, secondo il sig. *Dandreda*, nel quale nulla *Haüy* potè osservare; come pure de' cristalli di fosfato di calce detti *apatite*, de' quali *Jameson* attesta che divengono elettrici per calore, e ancor io l' ho una volta osservato, benchè ad *Haüy* nulla sia riuscito di scernere, malgrado tutti i suoi tentativi. Accorda però egli a *T. de Saussure* che si elettrizzi per riscaldamento il fosfato di calce in masse grigie lamellari con eccesso di acido, ottenuto da quest' ultimo fisico coll' aiuto dell' arte, ma non dice abbia i due poli elettrici ».

« Checchè sia di questo, mi sorprende il veder posto dal dottor *Brewster* lo zucchero tra i corpi, la cui virtù elettrica acquistata pel riscaldamento è debolissima a paragone di quella del tartrato di soda e potassa. Scaldando qualche pezzo di zucchero in pane o anche del così detto zucchero d'orzo, si ha talvolta qualche debole e fuggitivo segno elettrico, che può non essere maggiore di quelli che si hanno e. g. dal solfato di barite, e prodursi dalla stessa cagione. Avvicinando i cristalli di zucchero anche per un momento alla fiamma di una candela, si ottiene una elettricità di poca durata e debole (qual' è ancora in tal caso quella di altri cristalli forniti di poli elettrici, e.

g. dei topazj del Brasile), ma non così avviene se sieno bene riscaldati e per un certo tempo, onde il calorico abbia penetrato nell'interno. Anche allora l'elettricità negativa mi è talvolta sembrata maggiore dell'altra, ma ciò agevolmente si spiega: l'evaporazione che tende a produrre la negativa, ha qui la sua parte, specialmente finchè il cristallo è considerabilmente caldo; quindi è che i segni negativi sono l'effetto di due cagioni cospiranti, mentre i positivi rispondono all'eccesso d'una sull'altra. »

Di più, il sig. *Becquerel* fa osservare, che il metodo d'esperimentare di *Brewster* è radicalmente erroneo; perchè dall'aderenza dell'elettroscopio non poteva argomentare lo stato elettrico de' cristalli: bisogna a tale effetto provare, che da prima i corpi leggieri sono attratti, e dopo il contatto immediatamente ripulsi.

Non debbo tuttavia dimenticare, che *Haüy* osservò in un topazio che le due estremità erano allo stato negativo o resinoso, mentre la parte intermedia dava segni di elettricità contraria; e che *Forbes* rinvenne un cristallo di tormalina nulla irregolare nell'esterna struttura (le estremità per altro non erano intiere), la quale raffreddandosi presentava i poli positivi, e nel centro i negativi. Noi possiamo risguardare questi cristalli, con *Brewster* e *Becquerel*, come composti. Converrebbe per verificare questa congettura dividere il cristallo secondo le facce di giunzione, e vedere se realmente dopo la separazione le due facce che si guardano prendano la medesima elettricità.

III. *Che tra i poli elettrici e la forma delle estremità dei cristalli vi è una correlazione.*

Questo rapporto dimostrato chiaramente da *Haüy* in alcune specie di cristalli, venne riconfermato posteriormente da altri fisici.

Nella varietà di tormalina, che *Haüy* denominò *isogana*, e che viene rappresentata dalla figura 58, la forma è quella di un prisma a nove piani, ter-

minato da un capo con sei facce, tre delle quali P, P. P appartengono alla forma primitiva, che è un romboide, e dall'altro capo da tre facce analoghe a quelle di P. L'esperienza prova che è da questo capo che si dispiega l'elettricità resinosa, e che dall'altro si manifesta l'elettricità vitrea.

In un'altra varietà di tormalina, che *Haüy* chiama *nonodecimale*, le tre facce P, P, P sono circondate da sei facette *t*, *t*, *t*, ecc., disposte in anello. Il prisma è terminato da nove piani, ma l'estremità inferiore non ha che una sola faccia K perpendicolare all'asse; d'onde si deriva un notabile contrasto o una differenza di configurazione fra le due parti opposte (*Fig.* 59.)

Ma fra tutti i cristalli che offersero ad *Haüy* questa correlazione tra la forma esteriore e la virtù elettrica, si fu la *magnesia boracicata*, la forma della quale in generale è quella di un cubo incompleto in tutti gli spigoli e modificato ancora da faccette, che rispondono agli angoli solidi. Qui le due elettricità operano secondo le direzioni dei quattro assi, ciascuno de' quali passa per due angoli solidi opposti del cubo, che è la forma primitiva.

In una varietà che *Haüy* denomina *defettiva*, uno dei due angoli solidi situati alle estremità di un medesimo asse, è intatto, l'altro è rimpiazzato da una faccetta *s*. L'elettricità resinosa si manifesta all'angolo che non ha subito alcuna alterazione, e l'elettricità vitrea alla faccetta che rimpiazza l'angolo opposto. Vi sono adunque otto poli elettrici, quattro per ciascuna specie di elettricità (*Fig.* 60).

In un'altra varietà di *magnesia boracicata*, detta da *Haüy sovrabbondente* (*Fig.* 61), gli angoli solidi analoghi a quelli della precedente essendo rimpiazzati dalla faccetta *s*, continuano a presentarci la medesima modificazione. Gli altri angoli, disposti come quelli ch'erano intatti, sono rimpiazzati da una simile faccetta *s'*; ma s'ella esistesse sola, la simmetria si troverebbe ristabilita. Così si osservano

tre altre faccette *r*, *r*, *r* situate all' intorno di ciascuna delle prime, in modo che gli angoli ch' elle modificano, offrono a questo riguardo una specie di sovrabbondanza.

I cristalli di zucchero, come ha osservato *Pianciani*, acquistano l' elettricità negativa nella parte diedra; la positiva nell' altra tetraedra o a quattro faccette.

Emerge adunque da tutti questi esperimenti, che l' elettricità negativa ordinaria, o per riscaldamento, ha la sua sede nella estremità di una forma più semplice, inversamente l' elettricità negativa straordinaria; e con altre parole la estremità avente maggior numero di facce presenta l' elettricità positiva, e l' altra con minor numero di facce la negativa. Questa relazione, che ho raccolto dalle esperienze di que' fisici che mi hanno preceduto, riceve la piena conferma ancora da quelle che io ho potuto per me stesso stabilire.

IV. *Che la proprietà termo-elettrica appartiene ai cristalli i più minuti.* Una tormalina che abbia acquistate le polarità termo-elettriche, ridotta in due o tre pezzi, presenta omologamente i poli elettrici, come si osserva in una magnete. Il dott. *Brewster* fece questo singolarissimo esperimento. Pestò in un mortajo porzione di una tortalina finchè fosse ridotta in polvere sottilissima. Pose quindi questa polvere sopra una lastra di vetro, con la quale non mostrò adesione alcuna. Scaldato poi il vetro a sufficiente temperatura, la polvere aderiva ad esso; e se rimescolavasi con qualche corpo asciutto, raccoglievasi in massa e aderiva a quel corpo. Questa disposizione di raccogliersi in massa diminuiva in un colla temperatura, e cessava allorchè questa non era più che l' ordinaria dell' atmosfera.

Questo fatto evidentemente comprova, che la proprietà termo-elettrica appartiene alle parti le più minute della tormalina, non altrimenti di quello che noi osserviamo nella limaglia di ferro.

Possiamo ora dall' esposto raccogliere, che la ter-

mo-polarità de' cristalli può manifestarsi indipendentemente dalla forma primitiva e secondaria di un cristallo; che la massa in lunghezza influisce rallentando o sospendendo gli effetti; che una polarità termo-elettrica ad una estremità di un cristallo può risvegliarsi senza che nell' altra estremità sorga alcuna polarità; e che perciò il termo-elettricismo si manifesta dall' esterno all' interno progressivamente, e le atmosfere reciprocamente si attuano, come dimostrano i piccoli cristalli di tormalina che si eccitano fortemente anche a bassa temperatura.

§ 126. C.) *Delle sentenze de' fisici intorno allo sviluppo della elettricità nei cristalli.*

Le sentenze dei fisici intorno alla termo-elettricità de' cristalli sono tuttavia troppo disparate fra loro, perchè si possa nutrire speranza che sieno ridotte ad una conciliazione.

V' ha chi vuole, che l' elettrizzamento polare per diminuita temperatura si possa assomigliare alla *pressione;* ma contro di questa sentenza avvi il fatto, che la tormalina per pressione presenta costantemente *l' elettricità vitrea*, e pel calore manifesta la *polare.*

Becquerel nella termo-elettricità per aumento di temperatura vi riconosce una specie di clivagio molecolare analogo a quello delle lamine de' cristalli, ciascuna delle quali dopo la separazione dà segni di elettricità, come avviene nelle lamine coibenti della elettricità vindice di *Beccaria*; ma vi sono ancora delle difficoltà per ammettere pienamente una tal opinione. Non v' ha prima di tutto che il topazio il quale sia divisibile secondo le sue naturali giunture in un piano perpendicolare all' asse, all' estremità del quale si trovano i poli elettrici. Così la *prenite* non è divisibile che nel senso delle piccole diagonali delle basi. La *boracite*

non è suscettibile di divisione, e soltanto col mezzo della viva luce si giugne a percepire l'esistenza delle giunzioni naturali. La *tormalina* non sempre presenta congiunzioni naturali, ma però ha sempre una frattura trasversale e concoide in tutte le direzioni.

Da tutto questo adunque si vede che ancora molto manca alla scienza, perchè secondo la dottrina del clivagio si possa argomentare il modo, secondo il quale in virtù del calorico si sviluppa l'elettrico. Il *Pianciani* è d'avviso che la termo-elettricità si debba attribuire al contatto: anzi, egli dice, finchè non ci si sveli qualche nuovo principio, non vedo che da altra fonte possiam derivarla.

Il dire adunque, che i nostri cristalli possono meglio che ad altro paragonarsi agli elettromotori trovati dal *Volta* e da altri dopo di lui, mi pare o vero o assai da presso al vero. Sembra che siano principalmente da paragonarsi alla *Pila secca* di *Berhen*, o a quelle del *Zamboni*, che abbiano la carta più che non suole asciutta, o meglio ancora alla sua *Pila binaria*.

Anche l'*Haüy* aveva riconosciuto un'analogia tra i cristalli termo-elettrici e la Pila. « Fra i differenti corpi, egli dice, che hanno servito a fare esperienze elettriche prima della scoperta del Galvanismo, la tormalina sembra quella che ha più di analogia colla Pila isolata, almeno quanto è alla distribuzione della elettricità. In quella, come nella Pila, le azioni delle elettricità diminuiscono gradatamente dalle estremità fino ad un certo termine, ove si riducono a zero. Inoltre è agevole ad intendere che se una Pila dividasi in più porzioni composta ciascuna di un certo numero di elementi, e queste diverse parti si isolano, esse divengono Pile complete, le cui due metà mostrano contrarie elettricità, come i frammenti staccati di una tormalina.

Ma contro di questa sentenza vi hanno dapprima delle supposizioni che non sono dimostrate; una

delle quali sarebbe il passaggio della elettricità da molecola a molecola ne'cristalli. In secondo luogo vi è un modo opposto di agire evidentemente dimostrato dai fatti. Nelle Pile la tensione cresce col numero delle coppie, nelle tormaline un po' lunghe al contrario manca l' eccitabilità termo-elettrica; nelle Pile la tensione di una porzione è aliquota della tensione totale, nelle tormaline per converso la tensione di un frammento è talvolta maggiore della tensione dell' intero cristallo, e non mai proporzionale alla sua diminuzione.

La causa dei fenomeni termo-elettrici, che abbiamo veduto manifestarsi nei cristalli, i quali si tolgono alla legge di simmetria, pare doversi ripetere dal fatto avvertito da *Mitscherlich*, che questi cristalli mentre si dilatano in una direzione in altra si ristringono, avvicinandosi per tal modo nella loro forma alla legge di simmetria. Questa opinione parmi risponda pienamente ai fatti sino ad ora conosciuti; ma è tuttavia necessario che le esperienze si estendano e si allarghino a tutti i casi di termo-elettricità sopra una scala molto estesa di cristalli.

I signori *Rose* e *Riess* hanno sottoposto alle loro esperienze un gran numero di cristalli, che *Haüy* e *Brewster* aveano contrassegnati come piro-elettrici; ma non rinvennero in tutti l' elettricità polare. Le loro ricerche furono precipuamente dirette a quei cristalli ne' quali si può determinare in un modo preciso la posizione dei poli e degli assi. Era comune sentenza de' fisici, che i cristalli piro-elettrici avessero i poli elettrici opposti collocati sui punti della superficie; ma i signori *Rose* e *Riess* rinvennero de' cristalli ne' quali questi punti sono collocati l' uno alla superficie, l' altro nell' interno del cristallo. Essi chiamano i primi cristalli *a poli terminali*, ed i secondi *a poli centrali*. Tra i primi ritrovarono la tormalina, la calamina, la scolezite, l' assinite, la boracite e la rodizite. Fra i secondi la prenite, il topazio. Non poterono poi determinare

gli assi elettrici nei cristalli della titanite, barite solfata, cristallo di rocca.

E non poterono finalmente osservare la piro-elettricità nei seguenti cristalli: ametista, analcime, smeraldo, broochite, strontiana solfata, diamante, dicroite, diopside, feldspato, spato fluore, grannato, elvina, mellite, spato calcare, natrolite, fenachite, epidote, arsenico solforato, scapolite, zolfo, tompsonite, idocrase, piombo carbonato. I cristalli del catalogo di *Haüy* furono tutti ritrovati piro-elettrici; fra quelli del catalogo di *Brewster* tre soli: la scholezite, la barite solfata e il quarzo.

Cristalli a poli terminali.

Tormalina. Questo cristallo ha un solo asse elettrico, che coincide coll' asse principale de' suoi prismi verticali. Secondo *Rose* il polo analogo è situato alla sommità del cristallo, in cui le facce del romboedro principale poggiano sulle facce del prisma triangolare ordinario, e il polo antilogo si trova alla sommità; in cui queste facce poggiano sugli spigoli di questo prisma.

Calamina. Essa pure non ha che un asse elettrico, il quale coincide coll' asse principale del cristallo. Lo stesso è della *scholezite.*

Assinite. Questo cristallo ha due assi elettrici, i poli de' quali si trovano alle estremità degli spigoli acuti compresi tra le facce P ed U di *Haüy*. Agli angoli ottusi di queste facce, dove ordinariamente si trovano le piccole facce triangolari N di *Neuman*, sono i poli antiloghi, Così i due assi vanno da un angolo superiore ottuso a un angolo inferiore acuto; e viceversa; e ciò che vi ha di notabile si è, che essi non coincidono cogli assi cristallografici. Ai poli antiloghi l'elettricità è d'ordinario assai energica e distinta; ai poli analogi ella è molto minore.

Boracite. Ella ha quattro assi piro-elettrici, che

passano per le sommità diametralmente opposte del cubo. I quattro poli antiloghi elettrici sono collocati sulle facce tetraedriche brillanti. La *rodizite* si accorda perfettamente colla boracite.

Cristalli a poli centrali.

Prenite. Ella ha due assi elettrici rivolti l' uno contro l' altro, i poli analoghi de' quali coincidono nell' interno del cristallo. La piccola diagonale della base del prisma romboidale dà la direzione dei due assi; il polo analogo comune si trova nel mezzo della diagonale; i poli antiloghi si trovano alle due sue estremità. Così, mentre che gli spigoli ottusi del prisma presentano l' elettricità antiloga in tutta la loro estensione: non si trova l' elettricità analoga che nel mezzo delle basi e sulle facce della troncatura degli spigoli laterali acuti.

Topazio. La piro-elettricità di questo cristallo è la stessa di quella della prenite: Il topazio ha due assi elettrici, i poli analoghi de' quali coincidono nel mezzo della piccola diagonale della base, e i poli antiloghi si trovano sugli spigoli laterali.

ARTICOLO II.

§ 127. *Del Termo-elettricismo dinamico.*

Il *Volta* ragionando della virtù che ha il calorico di eccitare delle correnti elettriche, così si esprime: « Or dunque trovato, con saggiarne molti, uno di tali archi di ferro che non facesse nulla neppur da principio, ed altre volte aspettato che fosse indebolita la rana, e resa non più eccitabile da uno di quegli altri valevoli sulle prime a commoverla (il che succede ben presto), tuffava nell' acqua bol-

lente un capo di tal arco per un qualche mezzo minuto, indi trattolo fuori, e senza dargli tempo di raffreddarsi, ritornava all'esperienza sopra i due bicchieri d'acqua fresca: ed ecco che la rana a bagno si convelleva, e ciò anche due, tre, quattro volte, ripetendo la prova, finchè, raffreddata per tali immersioni più o men durevoli e ripetute, o per una più lunga esposizione all'aria, l'estremità del ferro intinta già nell'acqua calda, ritornava codesto arco inetto del tutto ad eccitare le convulsioni dell'animale. » Questa originale esperienza del *Volta* venne ripetuta da *Dessaignes* senza che ricevesse incremento o sviluppo di sorta.

Nel 1821 e 1822 *Seebeck* a Berlino, dopo le esperienze di *Oersted* intorno alla deviazione dell'ago magnetico per l'influenza della corrente Voltaica, osservò l'istesso effetto in un circuito formato da due o più metalli a temperatura ineguale senza l'interposizione di liquido alcuno.

Appresso *Yelin* a Monaco, *Fourier* e *Becquerel* in Francia, *Traill, Cumming* e *Marsh* in Inghilterra, *Van Beck*, *Van Zuylen* e *Moll* in Olanda, *Oersted* in Danimarca, *Nobili*, *Botto*, *Antinori*, *Linari*, e *Matteucci* in Italia, fecero obbietto delle loro ricerche il termo-elettricismo dinamico, le quali possono essere ridotte alle seguenti: I. *Alla determinazione della direzione delle correnti termo-elettriche;* II. *Ai mezzi per rinvigorirle;* III. *Ai loro effetti.*

§ 128. A) *Della direzione delle correnti termo-elettriche.*

Seebeck colla scorta del conflitto elettro-magnetico, si applicò alla soluzione della prima ricerca; ma i risultamenti che ottenne non s'accordano pienamente con quelli di *Yelin*, di *Stewart-Traill*, di *Cumming* di *Becquerel*, di *Sturgeon*, di *Nobili;* per cui ne' trattati di fisica, che hanno maggior celebrità,

trovansi disparatissime sentenze intorno alla direzione delle correnti termo-elettriche.

Premettiamo noi col *Nobili* di chiamare *termo-elettrici positivi* quei metalli ne' quali la corrente elettrica va dal *caldo al freddo*, e *termo-elettrici negativi* quelli ne' quali la corrente va dal *freddo al caldo*, che vengono contraddistinti coi soliti segni + e —. Indichiamo pure che due sono i casi della termo-elettricità dinamica semplice: I. *Dei circuiti formati di un solo metallo:* II. *Dei circuiti formati di due o più metalli.*

PRIMO CASO.

Dei circuiti formati di un solo metallo.

Secondo le esperienze di *Yelin*, riferite dal *Nobili*, noi abbiamo la seguente tabella:

Bismuto	+	Antimonio . . .	—
Argento	+	Zinco	—
Platino	+		
Rame.	+		
Ottone	+		
Oro	+		
Stagno.	+		
Piombo	+		

Il *Nobili* non dando troppa importanza all'ordine stabilito dal fisico Alemanno per delle ragioni che appresso noteremo, espose anch' esso una serie di metalli, che non si allontana dalla precedente nella specie di elettricità.

Bismuto	+	Antimonio. . .	—
Rame.	+	Zinco	—
Platino	+	Ferro	—
Oro	+		
Argento	+		
Piombo	+		
Stagno	+		

Secondo *Fox* aggiungeremo: Solfuro di piombo +
Solfuro di rame. +
Solfuro di ferro. +

Secondo *Becquerel*, il rame, l' oro e l' argento purissimi sono *termo-neutrali-elettrici;* il piombo e lo stagno sono *termo-elettrici variabilissimi;* il platino ed il palladio sono *termo-elettrici positivi;* l' antimonio, il ferro e lo zinco *termo-elettrici negativi* come aveva stabilito il *Nobili;* il rame, l' oro l' argento coperti di uno strato d' ossido divengono *termo-elettro-positivi.*

A dètta di *Matteucci* vi sono molte anomalie. Secondo le sue esperienze, il metallo che presenta costantemente dei fenomeni inversi al platino, all' antimonio, al piombo ecc., è il bismuto; i risultamenti ottenuti coi fili di ferro, rame e zinco non furono costanti; in molte esperienze afferma averli ritrovati *termo-elettro negativi.*

Non ignoriamo che il *Nobili* avvertì, che alcuni metalli, e il ferro principalmente, passavano da una ad altra classe della termo-elettricità, al variare della temperatura.

Per queste anomalie io intraprendeva nel 1837 e e nel 1838 una serie di esperienze sul termo-elettricismo dinamico; dalle quali mi parea poter conchiudere, che l' invertersi della direzione della corrente termo-elettrica debba ripetersi dalle seguenti circostanze: I. *Da una azione chimica:* II. *Dalla conducibilità pel calorico, che hanno le due estre-*

mità metalliche; III. *Dalla massa del filo;* IV. *Dalla sua tessitura.*

Prima di me il *Gherardi* a Bologna, e dopo di me *Vorsselman de Heer* a Berlino e a Ginevra, pubblicarono importanti risultamenti sulle correnti termo-elettriche. Io però quando scriveva le mie *Ricerche,* non conosceva le esperienze del *Gherardi,* e solo appresi quanto aveva operato in questo argomento nel 1841, alla qual' epoca mi fu cortese di una copia de' suoi interessanti lavori. Mi è caro di rendergli ora la dovuta giustizia.

Secondo le osservazioni di questi sperimentatori, il metallo che rimase costante nella termo-elettricità fu l' ottone. Infatti, secondo *Gherardi,* il rame in fili a basse temperature è *termo-elettro-negativo* e diviene *termo-elettro-positivo* a maggiori temperature; costantemente si mantiene termo-elettro-positivo, secondo le esperienze di *Vorsselman de Heer.*

Il bismuto, secondo gli esperimenti del *Gherardi* e di *Vorsselman de Heer, è termo-elettro-negativo* a basse temperature, e *termo-elettro-positivo* ad alte temperature; inversamente è dell'antimonio, secondo i due prefati scrittori.

Effetti variabilissimi, come aveva ottenuto il *Becquerel,* ebbe il *Gherardi* dal piombo e dallo stagno; ed effetti al tutto opposti dagli altri fisici ottenne *Vorsselman de Heer* sperimentando sull' argento: mentre tutti gli altri convengono che sia *termo-elettro-positivo,* egli afferma averlo ritrovato costantemente *termo-elettro-negativo;* per cui egli lo mette a lato dello zinco e del ferro. *Gherardi* giunse a risultamenti opposti sperimentando sull' acciajo; ora lo rinvenne *termo-elettro-positivo;* ed ora *termo-elettro-negativo.* Lo zinco, che secondo gli esperimenti di *Yelin,* di *Nobili,* di *Becquerel,* di *Vorsselman de Heer,* è invariabilmente *termo-elettro-negativo,* secondo le esperienze di *Gherardi* non è tale nella sua termo-elettricità: ad alte temperature è *termo-elettro-negativo,* e *termo-elettro-positivo* nelle temperature inferiori.

Il platino in laminette, secondo lo stesso fisico, tagliate dal medesimo pezzo, è *termo-elettro-negativo* per un riscaldamento moderato, e *termo-elettro-positivo* per un riscaldamento maggiore. Queste incertezze e questi opposti risultamenti m' indussero nel 1842, a intraprendere una nuova serie di esperienze sui fenomeni termo-elettrici, de' quali io non diedi che un semplice annunzio.

E prima di tutto io confesso, che la termo-elettricità è tuttavia indeterminata in non pochi casi nelle sue indicazioni; avvolta in profondi misteri nelle sue cause, che forse non verranno decifrati giammai: solo è dato all' uomo d' investigare le circostanze, sotto l' influenza delle quali i fenomeni si manifestano; e queste in parte furono studiate dai fisici, in modo da non potere più dubitare. Fra queste si annoverano:

I. *L' inegualianza di massa.* È noto che *Peltier* con un filo metallico della lunghezza di sei metri, senza alcuna saldatura, solo a diametro ineguale in tre parti, ottenne una corrente elettrica, che moveva dalla parte calda alla fredda, applicando la sorgente calorifica ai punti nei quali il filo cangiava di diametro, che era da $1/2$ ad un millimetro. Io pure sperimentando con fili di diverso diametro m' accorsi di una tale influenza: a questo risultamento era pure pervenuto prima di me il fisico *Gherardi.*

II. *L' ossidazione o l' alterazione di superficie.* Pressochè tutti i fisici che hanno trattato della termo-elettricità dinamica, convengono nell' ammettere l' influenza che esercita l' alterazione di superficie. *Becquerel* avvisa, che lo strato d' ossido determini nel rame, nell' oro e nell' argento, inegualmente riscaldati nelle loro parti che si portano a mutuo combaciamento, una corrente termo-elettrica, che manca allorchè sono al tutto perfettamente omogenee. Io ho sperimentato spessissime volte, che un grosso strato carbonoso impedisce la formazione della corrente termo-elettrica, e parecchie volte ho veduto

che uno spessore minore l' inverte. Ho letto con vera compiacenza che identici fenomeni erano stati avvertiti prima dal prof. *Gherardi*, sperimentando sul rame e sullo zinco.

III. *La temperatura.* L'influenza che esercita l'alta e bassa temperatura appare manifestissima da quanto superiormente si è detto intorno al bismuto, all'antimonio e ad altri metalli.

IV. *L'azione Chimica. Gherardi* ha osservato, che il rame ridotto in lamine a una data temperatura è *termo-elettro-positivo;* immerso nell'acido solforico e pulito, alla stessa temperatura è *termo-elettro-negativo.* Egli scoprì che pulendo la lamina di rame con la limatura, non si ha questa inversione.

V. *La tessitura. Yelin* a Monaco fino dal 1823 intravide nei riscaldamenti parziali una qualche relazione fra la cristallizzazione dei metalli e le loro proprietà magnetiche. In fatti osservò col sussidio delle declinazioni degli aghi calamitati delle differenze fra due cilindri di bismuto, l' uno de' quali dopo la fusione era stato nella forma lentamente raffreddato, e l' altro rapidamente col mezzo di un bagno d' acqua fredda. Parimente in una verga prismatica di bismuto, la sezione perpendicolare all' asse della quale era un triangolo equilatero, rinvenne una superficie che spingeva l' ago all'*est,* una seconda all' *ovest*, ed una terza che presentava effetti del tutto equivoci. In una verga prismatica di bismuto, di antimonio ecc., la sezione perpendicolare all' asse della quale era un quadrato, un trapezio, ritrovò due facce attigue che spingevano l' ago verso l' *est,* e due altre verso l' *ovest*, in modo che questo prisma si poteva risguardare come composto di due altri prismi triangolari, le facce attigue de' quali fossero senza azione elettrica. In un prisma finalmente la sezione del quale era un esagono regolare, osservò che tre facce facevano sviare l' ago verso *est,* e tre verso *ovest.* Simiglianti effetti ottenne *Sturgeon* in un rettangolo formato di quattro verghe di

bismuto, che successivamente riscaldava nelle varie sue parti, in un quadrato, in anelli, in cilindri ed in coni, ne' quali sistemi rinvenne ancora de' punti inattivi.

Da questi fatti, conchiude *Becquerel* nel suo *Trattato dell' elettricità e del magnetismo*, pare che lo sviluppo di tutte queste correnti nelle masse di bismuto e di antimonio di diverse forme, che nelle varie loro parti non hanno la stessa temperatura, sia dovuto allo stato cristallino che prendono le molecole; perchè se si aggiugne al bismuto o all' antimonio una piccola quantità di stagno, il quale toglie loro la tessitura cristallina, essi perdono la loro facoltà termo-elettrica . . . . Sarebbe desiderabile, prosegue l' Elettricista francese, che si potesse determinare con esattezza la direzione delle correnti, che sono prodotte in un cristallo di bismuto o di antimonio, le parti de' quali non hanno la stessa temperatura, a fine di conoscere la loro relazione in rapporto alle divisioni delle commettiture naturali.

Ma susseguentemente nel *Trattato di fisica* pubblicato a Parigi nel 1842, disperando di poter giugnere in questo argomento ad un risultato, egli dice: « Noi non spingeremo più oltre l' esame degli effetti elettrici prodotti nelle masse formate di un metallo che facilmente cristallizza, perchè non può guidarci ad alcuna legge per l' impossiblità in cui siamo di determinare lo stato cristallino delle parti ».

Gherardi nelle sue ricordate *Memorie*, fa in più luoghi menzione dell' influenza che può esercitare nei fenomeni termo-elettrici la tessitura de' corpi. Egli osserva che diversi metalli, l' antimonio il bismuto e lo zinco sono elettro-positivi, od elettro-negativi, secondo che sono lavorati alla trafila o al laminatojo, fusi in forme di terra o di ferro: « Cristallizzationis indicia, aït ille, multo evidentiora fuerunt ad superficiem virgarum prismaticarum antimonii, quam ad superficiem virgarum bismuthi, atque,

effectus, primo aspectu, majori anomalia se prodiderunt. Circa ea laborando, comprobatum est, contactum in quibusdam punctis præbere profluvium a calido ad frigidum, in aliis, quanquam præcedentium contiguis, profluvium oppositum. Atque id minime pendebat tantummodo a statu virgarum superficiali, nam pelliculis abrasis, cum coloribus variantibus, qui translucebant, illa puncta costantiora se probarunt in respectivis proprietatibus et facilius inter se dignosci potuere. Sic contactus inter latera angulorum rectorum semper extrudebat profluvium a frigido ad calidum; sed contactus inter unum ex his lateribus et faciem alterius oppositam, profluvium absque dubio suppeditabat a calido ad frigidum. »

La tessitura impertanto de' metalli è un argomento che tuttavia richiama l'attenzione de' fisici ne' fenomeni termo-elettrici. Io ho procurato di sperimentare sopra cilindri di uguali dimensioni, che erano di 20 centimetri in lunghezza, e di 7 millimetri in diametro.

I metalli sopra de' quali diressi le mie ricerche, furono il *ferro*, l'*acciajo*, il *piombo*, lo *stagno*, l'*argento*, lo *zinco*, il *rame*, l'*ottone*, il *platino*, l'*antimonio*, il *bismuto*.

I cilindri di ferro, di acciajo, d'argento, di rame, di ottone e di platino gli ebbi dal commercio. Quelli di zinco, di piombo, di stagno, di antimonio e bismuto, li feci appositamente fondere. Ho evitato le forme metalliche, e quelle a staffa in terra umida, per non alterare lo stato del metallo. Io debbo dire innanzi tutto che questi metalli non saranno stati purissimi; furono bensì dei migliori che ci fornisca il commercio di Venezia. Fatti praticare in pezzi di carbone dei canaletti del diametro di 7^{mm}, e della lunghezza di 20 centimetri, in questi versava il metallo fuso, che abbandonato a sè stesso lentamente si raffreddava alla temperatura dell'aria atmosferica, che era a 12° C. all'incirca. Questi successivamente venivano applicati ai due capi del filo del galvanometro, come è espresso nella Figura 62.

Ora applicata la lucerna ad alcoole in A, e portata al massimo la temperatura, ebbi ad osservare:

I. *Che col bismuto la corrente termo-elettrica nella parte più calda è diretta dal caldo al freddo; e che nella parte men calda la corrente elettrica è diretta dal freddo al caldo;* così fatta toccare l'estremità E del cilindro EF di bismuto con un punto A del cilindro AC, parimente di bismuto, la corrente è diretta da A in E; al contrario fatta toccare l'estremità E in un punto intermedio D, la corrente apparve diretta da E in D. È bello vedere, che incominciando da N e procedendo verso A, la corrente dalla *parte fredda alla calda* va diminuendo fino che si ritrova lo zero di azione, oltrepassato il quale subitamente s' inverte. Il punto termo-elettroneutrale non è alla metà della verga. In generale lo rinvenni al di là del mezzo del cilindro dalla parte di A.

Tolto il bismuto dall' azione della lucerna ad alcoole, egli conserva per qualche tempo la proprietà delle due opposte correnti; ma abbassata la temperatura, in qualunque punto si tocchi, la corrente è costantemente diretta dal *freddo al caldo.* Perchè riescano questi esperimenti senza anomalie, è necessario che per cadaun saggio si faccia uso di nuovi cilindri.

Mi sono tolta la difficoltà, che taluno potrebbe oppormi dell' ossidazione nei punti prossimi ad A; avvegnachè io rinnovai replicatamente l' esperienza in punti ugualmente puliti e metallici col medesimo risultamento.

II. *Che coll' antimonio la corrente termo-elettrica nella parte calda è diretta dal freddo al caldo; e che nella parte men calda la corrente elettrica è diretta dal caldo al freddo.* Ancor qui bisogna aspettare che la temperatura giunga al di là di 160° all' incirca, e successivamente portarla pure fino al calor rosso, chè la legge regolarmente sussiste.

Tolta la lucerna, e riabbassata la temperatura da

rendersi in ogni parte uniforme, la corrente muove costantemente dalla *parte calda alla fredda.*

Questa seconda legge venne verificata nell'acciajo, nel ferro granuloso, nello zinco cristallizzato, nel piombo e nello stagno, ch' ebbi in uno stato di visibile cristallizzazione.

III. *Che nell' argento, nel rame e nell' ottone la corrente è diretta costantemente dalla parte più o men calda alla fredda.* Il che pure verificai in grossi fili di platino, e di palladio, minori però in diametro de' precedenti. Lo zinco, lo stagno, ed il piombo avuti in cilindri, facendoli rapidamente solidificare, mi diedero uguali risultamenti rispetto alla direzione della corrente. Ho detto rispetto alla direzione della corrente, perchè in ordine all' intensità sono di gran lunga inferiori ai precedenti, come già aveva notato il *Nobili*, il quale riscontrò *le proprietà termo-elettriche al massimo grado nel bismuto e nell' antimonio, e al minimo nel piombo e nello stagno.*

Ma checchè sia di questo grado ne' metalli intermedj, certo è che la corrente termo-elettrica è, in ciascun circuito, tanto più intensa quanto maggior è il salto di temperatura fra le parti riscaldate e le fredde. Ma dove potremmo noi presumere di ritrovare il massimo di questi salti? Sul metallo forse che fosse a un tempo stesso e il più infusibile e il meno conduttore del calorico. Già si sa che queste due proprietà non vanno di pari passo, ed è ben evidente che dove si combinassero al più alto grado, ivi per appunto potrebbe introdursi il massimo sbilancio di temperatura fra le parti attigne dello stesso circuito. Che se si conoscesse in numeri il grado preciso di conducibilità e di infusibilità che appartiene a ciascun metallo, non si andrebbe forse molto lontani dal vero a calcolare il termo-elettricismo in ragione composta dalla diretta della infusibilità e dalla inversa della conducibilità.

Per questi riscontrati caratteri, io ho divisi i

metalli in *bipolari e unipolari*, come vengono divisi i corpi coibenti, od i conduttori imperfetti.

Wride, che ebbe a ripetere i miei esperimenti a Stockolm alle presenza del celebre *Berzelius*, avvisa che la bipolarità non sia ch'apparente, e dovuta alla differenza di temperatura tra C ed E, che viene successivamente portata a contatto dei punti, N, B, ed A; e che ora la temperatura in C possa riuscire maggiore ed ora minore di quella di E.

Per quanto plausibile sembri una tale spiegazione e lasci tuttavia desiderio che venga verificata da qualche esperienza termometrica, nella mancanza di questa, che non peranco ho potuto istituire, arrecherò delle ragioni che io ebbi a commicare al *Berzelius* il 7 settembre 1842 con una serie numerosissima di esperienze, le quali stanno contro l'opinione del fisico *Wride*, alle quali egli non ancora contrappose argomento di sorte, benchè dimostrino assurda la sua ipotesi.

Premetto innanzi tutto, che i miei esperimenti furono trovati esattissimi, come me ne scrissero *Berzelius* e *Wride*; che la temperatura de' cilindri sottoposti alla lucerna ad alcoole, dopo un qualche tempo deve riuscire stazionaria e decrescente da A verso C in tutti i saggi che si possono istituire.

Ora se l'unica causa della bipolarità consiste nella differenza di temperatura nei punti indicati, essa dovrà operare ugualmente nel rame, nell'ottone e nell'antimonio; e perciò sia che si compia il circolo in N, in B, sia che lo si compia in A col rame, coll'ottone e coll'antimonio, si dovranno avere per ciascuna serie di esperienze i medesimi risultamenti; vale a dire o per tutti e tre questi metalli l'inversione della direzione delle correnti, ovvero nessuna inversione, in qualsivoglia punto della lunghezza della verga intercetta fra A ed N si compia il circolo; perchè altrimenti la differenza di temperatura tra C ed E, ora in più per E ed ora in meno, esisterebbe per l'antimonio e

non per il rame e l'ottone, contro ogni ragione di fatto; ma l'esperienza comprova che l'inversione della corrente avviene coll' antimonio e non coll' ottone e col rame; adunque convien conchiudere che non si debba ripetere unicamente dalla differenza di temperatura; ma da questa in concorso della costituzione de' metalli.

Di più: nel bismuto, testimonio l'esperienza, la corrente elettrica nella parte più calda è diretta dal *caldo al freddo*, nella parte men calda dal *freddo al caldo;* e viceversa nell' antimonio; adunque il punto C nel bismuto dovrebbe essere, in confronto del rame e dell' ottone, più caldo del punto E portato a contatto della verga nei punti N e B, e men caldo del punto E portato a contatto del punto A della verga stessa; e nell'antimonio per converso il punto C men caldo del punto E applicato in N e B; e più caldo del punto E applicato in A.

Inoltre nel piombo e nello stagno cristallizzati, e così pure nello zinco ed in altri metalli, il punto C dovrebbe riuscire men caldo del punto E applicato in N e B, e più caldo del punto E applicato in A; perchè essi si comportano nel termo-elettricismo come l'antimonio; e negli stessi metalli non cristallizzati il punto C dovrebbe sempre ammettersi men caldo del punto E in qualunque punto N, B, A della verga si applichi, perchè essi nel termoelettricismo si comportano come il rame, l'ottone, il platino, il palladio ecc.

In generale per le teorie del calorico, che fino ad ora colle esperienze termometriche furono costantemente ritrovate verissime, una verga metallica, che a un capo sia sottoposta ad una sorgente termica, successivamente si riscalda fino a che acquista una temperatura costante, la quale è decrescente dal punto in cui la verga è sottoposta alla sorgente calorifica fino al punto più rimoto.

Ma secondo l'ipotesi di *Wrede* pel termo-elettricismo, questa legge non sarebbe più tale; varrebbe

pei metalli non cristallizzati di una tessitura al tutto omogenea, e pei metalli cristallizzati presenterebbe delle anomalie inconcepibili; per l'antimonio, per lo zinco, stagno e piombo cristallizzati, i punti delle verghe immediatamente sottoposti alla lucerna ad alcoole dovrebbero essere men caldi degli altri punti successivamente distanti; e per il bismuto vi dovrebbero essere dei punti intermedj della verga ad una temperatura più bassa di quella dei punti più rimoti dalla sorgente calorifica.

Convien dunque conchiudere, che i descritti fenomeni si legano alla tessitura dei metalli, al loro stato di aggregazione, e che tutte le circostanze che alterano o perturbano la loro costituzione molecolare, è sorgente di pertubazioni della corrente termo-elettrica.

Grave questione vi è tuttavia tra' fisici sul potere termo-elettrico del mercurio. *Seebeck* aveva annuziato che n'era fornito; ma susseguentemente altri fisici, come *Matteucci*, *Gherardi*, negarono un tale potere. « Mi sono assicurato, dice *Matteucci*, in diversi modi che il mercurio non aveva potere termo-elettrico apprezzabile. Scaldando il mercurio in un punto separato da masse diverse di metallo, nulla si produce. Con tre capsule piene di mercurio e riunite da due tubi ricurvi pieni di mercurio, ho tentato di vedere se questo potere termo-elettrico si scopriva pel mercurio, mettendo a contatto il mercurio caldo col freddo. Per far ciò i capi del galvanometro pescano nel mercurio delle capsule laterali. Scaldo il mercurio di uno dei sifoni, e poi lo tuffo nelle due capsule. Non vi sono segni di corrente, e se qualche volta vene sono, si spiegano trovando che il calore si è diffuso all'una o all'altra delle capsule estreme, in cui sono i capi del filo del galvanometro. Il diffetto del poter termo-elettrico del mercurio, mi ha fatto credere che manchi in generale nei corpi liquidi. L'esperienza ha confermato questo risultato. Il bismuto, un'amalgama solida di bismuto assai

facilmente fusibile, e che mostra un grande potere termo-elettrico allo stato solido, ne mancano allorchè sono liquidi. Credo che possa stabilirsi, che i soli corpi allo stato solido posseggano la proprietà di produrre corrente elettrica per riscaldamento. »

« Cum ad effectum, ait *Gherardi*, eundem negativum per semitas plane diversas ab exposita pervenissemus, illum pro constituto habemus, atque ad ejus interpretationem gradum facimus, cum præcipue in genere suo unicus sit, qui nobis obvenerit. Atque interpretatio facilis erit perpendendo quod propter liquiditatem, contactus moleculari calidarum cum frigidis apprime in hydrargyro intimus efficitur respectu ad cætera metalla: utræque moleculæ identificantur, ut ita dicatur, inter se in punctis alterni contactus: quapropter, et hanc ob causam, et per qualitatem apti deductoris in corpore, caloricum propagari debet statim æquabiliter a duabus oppositis partibus illorum punctorum. Eq. *Nobili* thermo-electricismum cujuscunque metalli sibi metipsi oppositum æstimat ferme ratione directa *infusibilitatis*, et inversa *deducibilitatis* ejusdem: sententia quoad hydrargyrum exactissime comprobatur. »

A risultamenti del tutto contrarj ai precedenti pervenne ultimamente *Vorsselman de Heer*.

Egli scavò in una tavola un piccolo canale da uno a due decimetri di lunghezza, alla metà del quale ha praticato un foro rotondo di due pollici di diametro, che è chiuso al di sotto con una lastra di ferro o di vetro. Sotto di questa lastra ha collocata una lucerna ad alcoole per far riscaldare il mercurio, che riempie l'incavo e il piccolo canaletto: alle due estremità sono immersi i capi del filo galvanometrico. Con un pezzetto di legno o di carta sepera il mercurio, che è, p. e, a diritta della vaschetta: riscalda quello che è contenuto nella vaschetta; poi togliendo il corpo di separazione, rimette a contatto il mercurio freddo col caldo. Afferma lo sperimentatore di aver sempre avuto una corrente diretta dal

caldo al freddo nel punto del riscaldamento: questa corrente però non la rinvenne maggiore dei 6.° ai 10.°

Siccome in queste esperienze rimane il dubbio, che il riscaldamento siasi comunicato al mercurio di una delle estremità del canaletto, che lo sperimentatore teneva in comunicazione con quello di mezzo, e che successivamente riscaldava, così *Matteucci* oppose, che l' effetto osservato da *Vorsselman de Heer* sia dovuto ad una ineguaglianza di temperatura dei due capi del filo galvanometrico, e non al mercurio divenuto termo-elettrico per ineguale riscaldamento nelle parti che furono recate a mutuo contatto.

Egli crede, che le nuove esperienze ch' ebbe ad istituire, sieno scevre d' ogni errore *(Fig. 63)*.

Prese egli un crogiuolo di terra *d*, *e*, *n*, *m*, al fondo del quale sono applicati con mastice due tubi *mu*, *ni* di vetro. Il crogiuolo è diviso in due cavità dal diaframma *c*, che è di legno, il quale si può a piacimento levare. Il diametro del crogiuolo è di 0^m, 1 e la sua profondità di 0^m, 08; i tubi sono del diametro di 15^{mm}, e della lunghezza di 0^m 2. L' autore incomincia a riempiere i due tubi di mercurio in modo che i capi *a* e *b* del galvanometro vi siano immersi. Appresso versa nella cavità *d* od *e* del mercurio freddo $a - 10^o$, e nell' altra del mercurio $a + 180^o$. Aspetta qualche secondo e solleva il diaframma *c*; non mai egli vide movimento nell' ago galvanometrico in generale, se in qualche caso ebbe ad osservare qualche deviazione, ora era dal caldo al freddo, ed ora dal freddo al caldo; per cui conchiuse doversi ad altre cause attribuire questo accidentale movimento.

A dir vero in sulle prime le mie esperienze sul poter termo-elettrico del mercurio furono negative, nè poteva persuadermi dei risultamenti positivi di *Vorsselman de Heer:* questa mia opinione la scrissi al *Matteucci*. Posteriormente io ho rinnovate le espe-

rienze, mettendomi in guardia, per quanto fu possibile, d'ogni causa di errore, ed ho ritrovato costantemente che il mercurio è termo-elettrico con sè stesso.

Ecco il mio modo di esperimentare (*Fig.* 64). In una verga parallelepipeda di cristallo PP′ ho fatto praticare un canaletto prismatico lungo 0^m 2, largo all'apice 0^m, 005, alla base 0^m, 015, che alle due estremità C, B terminava in due cavità, nelle quali collocava i bulbi di due sensibili termometri TM, T′M′, e i due capi del filo reometrico R, R′. Il canaletto e le due cavità si riempiono di mercurio; e la vite A serve a livellare il sostegno DD′. In G vi è un prisma triangolare, che separa in due punti il mercurio contenuto nel canaletto, e si solleva mediante il braccio di leva EF.

Ciò fatto, io levai il prisma col braccio di leva E, e l'ago galvanometrico del *Nobili* rimase immobile; notai diligentemente la temperatura dei due termometri, la quale era perfettamente la stessa. Preso un cilindro di vetro, lo riscaldai alla lucerna ad alcoole fino al calor rosso, e prontamente a un lato del ponticello lo tuffai ed apersi la comunicazione, e l'ago reometrico deviava 4° a 5° indicando una corrente nel mercurio dalla parte calda alla fredda. Questo effetto non poteva ascriversi a variazione di temperatura nei fili reometrici C e B, perchè i due termometri gelosissimi e gemelli non mi diedero mai segno alcuno di alterazione di temperatura. Inoltre tolto il ponticello, e in G tuffato prontamente il cilindro rovente, non ebbi mai deviazione di sorta; per render questa sensibile era necessario che io tuffassi il cilindro di vetro in punti molto vicini a C od a B.

Per queste esperienze adunque, che io ho istituite unicamente ad investigazione del vero abbandonai la mia prima sentenza, e ritenni con *Seebeck e Vorsselman de Heer* che il mercurio è termo-elettrico con sè stesso, sebbene lo sia in uno stato debole

in confronto di altri metalli, che sono allo stato di solidità alle ordinarie temperature.

Non debbo per ultimo tacer che il sig. *Alb. Mousson* di Zurigo da una serie di esperienze ebbe a raccogliere precipuamente:

I. Che un filo metallico in uno stato perfetto di omogeneità molecolare, non sviluppa corrente pel riscaldamento di un punto unico qualunque.

II. Che come esistono delle differenze nell' equilibrio molecolare di un filo, ciascun punto che separa due parti eterogenee, è suscettivo di dar origine ad una corrente.

III. Che ciascuna corrente pei differenti metalli di uguali dimensioni differisce nella direzione e nella intensità. Nel rame e nel ferro va dalle parti più elastiche alle parti più duttili; nell'ottone inversamente. Nell' ottone è più intensa che nel rame, e in questo più che nel ferro.

IV. Che tutte le manipolazioni meccaniche e fisiche, alle quali si sottopone un filo, influiscono sulla sua facoltà di produrre una corrente, come tosto fan nascere delle differenze nell' equilibrio molecolare delle sue differenti parti.

V. Che per un riscaldamento prolungato e sufficiente si riconduce il filo a uno stato di duttilità perfetta, al quale risponde un'inerzia completa sotto il rapporto termo-elettrico.

VI. Che la forza delle correnti in un filo elastico, dipende dal modo e dalla durata del riscaldamento, al quale si espongono successivamente i differenti punti di questo filo; ma che ripetendo l'esperienza, si stabilisce infine uno stato costante, nel quale i medesimi effetti si riproducono nei medesimi punti.

SECONDO CASO.

Dei circuiti formati di più metalli.

Dalle esposte dottrine intorno al termo-elettricismo de' circuiti formati da un solo metallo, attender si deve che anche nei circuiti formati da più metalli non convengano pienamente le sentenze de' fisici; e l' esperienza comprovò una tale induzione.
In fatti noi abbiamo:

Secondo *Cumming* questa scala.

Bismuto	Rodio
Mercurio	Ottone
Nickel	Rame
Platino	Oro
Palladio	Zinco
Cobalto	Carbone
Manganese	Piombaggine
Argento	Ferro
Stagno	Arsenico
Piombo	Antimonio

Secondo *Yelin.*

Bismuto	Stagno
Argento	Piombo
Platino	Zinco
Rame	Ferro
Oro	Antimonio

Secondo *Becquerel.*

Bismuto	Oro
Platino	Argento
Piombo	Zinco
Stagno	Ferro
Rame	Antimonio

Secondo *Gherardi.*

Bismuto	Rame
Mercurio	Oro
Amalgama di Bismuto.	Ottone
Antracite	Argento
Platino	Zinco
Amalgama di Piombo	Carbone
Piombo	Ferro
Stagno	Antimonio

In queste scale è espresso l' ordine, secondo il quale si promuove la direzione delle correnti nelle diverse coppie. Il bismuto la dirige verso il platino, il platino verso il piombo, il piombo verso lo stagno, ecc.

Becquerel ha scoperto, ed il *Nobili* riconfermò, che nella coppia *rame-ferro*, la corrente termo-elettrica va dal rame al ferro allorchè il calore applicato ad una delle loro giunture non oltrepassa un certo grado; ma che sotto l' azione di una temperatura più elevata, la corrente s' inverte dirigendosi dal ferro al rame.

Un analogo fenomeno ebbe ad osservare il *Gherardi* nella coppia *rame-mercurio.* Fino a che il rame non giugne alla temperatura del calor rosso, la corrente è diretta dal mercurio al rame; oltrepassata questa temperatura, la corrente s' inverte e si dirige dal rame al mercurio. Parimente il *Gherardi* osservò, che s' invertono le coppie carbone-ferro, carbone-antimonio; e così pure quelle formate dall' oro, ottone, argento, zinco, congiunti col ferro.

In generale non si osserva una proporzionalità tra gli effetti termo-elettrici e la temperatura dei metalli.

Becquerel in un circuito ferro e rame ha osservato:

I. *Che quando s' innalza ciascuna delle saldature*

a una temperatura differente, l' intensità della corrente è uguale alla differenza delle intensità della corrente prodotta successivamente per ciascuna di queste temperature, l' altra essendo a zero gradi, e non all' intensità della corrente, che risulta dalla sola differenza di temperatura.

II. *Che quando nello stesso circuito l' una delle saldature rimane a zero e l' altra si porta fino a + 300°C, l' intensità della corrente non cresce proporzionalmente alla temperatura; a 300°C ella è appena sensibile, ma se si continua ad innalzare la temperatura, la corrente viene stazionaria, la sua intensità comincia a decrescere e finalmente cangia direzione alla temperatura rosso-oscura; nella maggior parte de' circuiti la proporzionalità pare sussista fino a + 40°C, secondo i fisici.* Io però non ho potuto neppure verificar questo; sonvi sempre dei punti morti e delle irregolarità, che io non saprei attribuirle che a vibrazioni molecolari intermittenti.

III. *Che lo zinco e l'argento, lo zinco e l'oro presentano effetti simili.*

IV. *Che il circuito ferro e rame presenta pressochè uguali effetti, qualunque sia il diametro dei fili e il loro modo di contatto, cioè o saldati o semplicemente applicati a pressione; ma che non è lo stesso dei circuiti zinco e oro, zinco e argento; gli effetti variano d' intensità secondo il diametro de' fili e il loro modo di contatto.*

Il fenomeno che sorprende la mente del fisico è l' inversione della corrente. Quale n' è la causa, dimanda *Becquerel?* essa non può essere che una modificazione dello stato di aggregazione, e non l'azione dell' aria, perchè il fenomeno ha luogo anche in mezzi privi di ossigeno.

I fenomeni termo-elettrici sono dovuti nella loro generalità ai movimenti calorifici. « La legge secondo la quale si propaga il calorico, osserva il *Nobili*, sopra di una verga riscaldata da un capo, è prossimamente rappresentata da una logaritmica. Ma

chi sa quali e quante sono le variazioni che subisce questa curva nelle temperature molto elevate, e chi sa fino a qual segno crescono le complicazioni sull'unione di due metalli differenti? Si dee senza dubbio tener conto di tutti gli accidenti, che si presentano nella classe delle correnti termo-elettriche; ma per discuterli con cognizione di causa e farsi caso delle anomalie, bisognerà attendere che la scienza faccia dei progressi dall' altro lato. Alludiamo manifestamente alla legge, colla quale si propaga il calore dentro alle viscere de' corpi; legge troppo imperfettamente conosciuta per lusingarsi di attaccare con qualche speranza di successo un genere di questioni, che sembrano dipendere immediatamente da essa. Io solo dirò che da varie esperienze pirometriche sono venuto in chiaro, che le dilatazioni dei metalli prodotte dall'azione calorifica presentano dei punti stazionarj, e così pure i ristringimenti, e che questi nella scala discendente non rispondono a quelli nella scala ascendente.

Porrò fine a queste considerazioni col riferire alcune esperienze del sig. prof. *Gherardi*, colle quali si argomenta di stabilire che l'attrito sia causa elettromotrice per sè indipendentemente dal calorico, che si sviluppa nell' azione meccanica. Egli osserva, che vi è un caso di una coppia, nella quale la corrente elettrica risvegliata dall' attrito muove in una direzione, e risvegliata dal calorico muove nell' opposta. Questo caso gli venne fornito dalla coppia *carbone-ferro*, nella quale per la virtù calorifica la corrente si dirige dal carbone al ferro secondo *Cumming*, a cui l' autore si riferisce; e per l' attrito dal ferro al carbone.

Parmi, se non erro grandemente, che negli esperimenti del *Gherardi*, sia sfuggita questa particolarità, che nell'attrito il corpo stropicciante si trova in ordine al calorico in uno stato opposto a quello che ha, allorchè riscaldato si porta a contatto dell' altro metallo freddo. Nel primo caso la tempera-

tura aumenta e nel secondo decresce. Correnti adunque termo-elettriche opposte devono risvegliarsi, come in fatti dimostra l'esperienza. Questo fenomeno si può rinnovare nel seguente modo con qualsivoglia coppia. Ai capi del filo reometrico si uniscano metallicamente due appendici, p. e. l'una di zinco e l'altra di bismuto. Si lasci trascorrere quell'intervallo di tempo richiesto, perchè tutto il filo si riduca alla stessa temperatura; si portino le estremità zinco e bismuto a contatto, e l'ago magnetico rimarrà immobile. Ora si stropicci con alcuni punti del bismuto una superficie dello zinco in modo che nel bismuto si abbia un attrito di prima specie, e di seconda specie nello zinco, l'ago indicherà una deviazione che renderà manifesto essere la corrente elettrica diretta dal bismuto allo zinco. Si riscaldi l'estremità del bismuto e si porti al contatto dello zinco, e l'ago avrà una deviazione opposta alla precedente; argomento indubitato, che la corrente muove dallo zinco al bismuto. Se in luogo di stropicciare il bismuto sullo zinco, si riscaldi questo, e lo si porti a contatto del bismuto, si avrà una deviazione che dimostrerà essere la corrente diretta dal bismuto allo zinco. Lo stropicciamento impertanto produce lo stesso effetto che ingenera il riscaldamento dello zinco, al contatto del quale sia recato il bismuto; ossia in ambi i casi, ne' quali la temperatura è crescente, l'ago devia dalla medesima parte; e dall'opposta per converso nel caso che la temperatura del bismuto è decrescente. Questo fatto fu rinnovato da me con altre coppie, come con lo zinco e rame: e perciò parmi che non siasi peranco separata l'azione meccanica dell'attrito dalla termica, e che non si possa considerare nello stato attuale di nostre cognizioni lo sfregamento al tutto indipendente dal calorico nella produzione de' fenomeni elettrici.

A questa medesima specie di fenomeni si dee riferire l'osservazione termo-elettrica comunicata con una lettera dal consigliere *H. Muncke* al prof. *Pog-*

gendorff. « Recentemente, egli dice, un forestiere mi fece vedere la seguente esperienza molto straordinaria. Congiungete una estremità del filo di un termo-moltiplicatore (galvanometro) con una estremità di una spranga di bismuto, e l'altra estremità del filo con una spranga di antimonio. Ora se mettiamo in semplice contatto le altre estremità delle due spranghe o le premiamo insieme fortemente, l'ago si muove verso l'est; ma se freghiamo le estremità delle spranghe l'una contro l'altra, l'ago si muove verso l'ovest. La cosa sembrò strana al consigliere *Muncke*; e non riuscì di darne una spiegazione.

Il forestiero che mostrò a *Muncke* l'esperienza fu il signor prof. *Wartmann*, come mi dichiarò nella sua visita che mi fece graziosamente in Venezia nel settembre 1844. La spiegazione del fenomeno sembra essere semplicissima. Quando premiamo colle dita l'antimonio e il bismuto verso le estremità vicine al galvanometro, que' luoghi ove si appoggiano le dita diventano più calde, che non le estremità delle spranghe, le quali sono soltanto messe in contatto l'una contro l'altra; ma invece quando sfreghiamo le stesse estremità dell'antimonio e del bismuto l'una contro l'altra, il calore diventa maggiore colà, che ne' luoghi presi colle dita.

Siccome la differenza della temperatura si cambia, necessariamente si cambia anche la direzione della corrente. »

§ 129. B) *Dei mezzi diretti a rinvigorire le correnti termo-elettriche.*

Determinata la direzione di una corrente termo-elettrica, il fisico deve procedere all'investigazione di que mezzi che la possono rinvigorire. *Seebeck*, che tanto meritò pel termo-elettricismo, dopo avere osservato che lo sviluppo elettrico ha luogo precipuamente nei punti di contatto dei due metalli a temperatura diversa, venne in chiaro che lo sviluppo

elettrico è tanto più forte quanto il contatto è più perfetto e l'ineguaglianza di temperatura maggiore. *Becquerel* aggiunse entro dati limiti, i quali sono lontanissimi fra di loro nei varj metalli. Così per una coppia di ferro e di rame, la suddetta legge sussiste fino alla temperatura di + 140°c., al di là di questo limite il poter termo-elettrico non cresce in ragione della temperatura; appresso diminuisce; a + 300°c., è appena sensibile; più lunge non v'ha indizio di corrente, e finalmente coll' aumentarsi della temperatura la direzione della corrente si cangia, come di sopra si è detto; viceversa per il platino e palladio, metalli pochissimo ossidabili e che si fondono ad altissime temperature, la indicata legge ha una estensione maggiore. *Furier* ed *Oersted* poco tempo dopo gli esperimenti di *Seebeck*, da un corso di esperienze che presentarono alla Reale Accademia delle Scienze, dedussero una conseguenza generale, che l' esperienza non comprovò in tutta la sua estensione, ma soltanto approssimativamente, ed è che il *poter termo-elettrico di un circuito è proporzionale al numero de' suoi elementi, ed in ragione inversa della loro lunghezza*: e *Pouillet* in una sua *Memoria* comunicata alla R. Accademia delle Scienze nella tornata del 3 ottobre 1831, afferma aver ottenuto che l'energia delle correnti termo-elettriche prodotte da un solo elemento *è in ragione inversa della lunghezza del circuito, e in ragione diretta della sezione e della conducibilità del filo o della verga metallica che chiude il circuito.*

Rimaneva tuttavia ad esplorarsi il poter termo-elettrico dei singoli metalli, e intorno a questo argomento fece interessanti esperimenti il *Becquerel*. Egli formò de' circuiti con fili metallici delle stesse dimensioni: innalzava una saldatura alla temperatura + 20°c., mentre le altre rimanevano alla temperatura costante +0°c. Egli dedusse dai suoi esperimenti, che il poter termo-elettrico de' seguenti metalli potrebbe essere rappresentato dai seguenti numeri:

Ferro	133,30
Argento	107,30
Oro	106,30
Zinco	106,54
Rame	105,54
Stagno	102,26
Platino	97,30

L'antimonio e il bismuto presentano poteri superiori a quelli di tutti gli altri metalli fin qui sottoposti all'esperienza, come rimasi ancora convinto dagli stessi miei risultamenti.

È merito del *Nobili*, l'avere imaginato prima di ogni altro fisico il termo-moltiplicatore formato del suo galvanometro a due aghi con filo grosso e corto e di una Pila termo-elettrica di antimonio e bismuto.

L'apparato viene rappresentato dalla Figura 65. Questo prezioso apparato venne reso di una prodigiosa squisitezza dal genio di *Gourjon*, che giunse a formar delle Pile di venti a trenta coppie con elementi costituiti di semplici cristalli saldati insieme senza l'intervento di estraneo metallo. Le Pile termo-elettriche del *Ruhmkopf*, che ora vengono portate a cielo dal *Melloni*, neppure si avvicinano a quelle del *Gourjon*. Gli apparati termo-elettrici adunque in luogo di chiamarli di *Nobili* e di *Melloni*, li direi con maggiore diritto di *Nobili* e di *Goujon*.

Svanberg, professore di fisica dell'Università di Upsala, si è occupato ultimamente del termo-moltiplicatore. La Pila termo-elettrica è formata di tre barre di bismuto e di tre di antimonio della lunghezza di 3, a 9 cent., della larghezza di 2 e 8c., e della grossezza di 0, 4c. Ciascuna barra è distante dalla vicina di 0, 1c. Delle verghe di rame sono saldate alle estremità di quelle di antimonio e bismuto per istabilire la comunicazione col voltametro o galvanometro, che è composto di verghe quadrate di rame formanti quattro giri; ciascuno ha 18 centimetri di

lunghezza 0, 67c. di altezza, e 0, 78c. di larghezza. La distanza orizzontale che li separa è di 0, 05C, vale a dire un mezzo millimetro, ad eccezione dei due di mezzo, che sono più lontani l'uno dall'altro a fine di potervi introdurre il sistema degli aghi astatici. La Pila termo-elettrica è racchiusa con della resina in un tubo di ottone minuto di un riflettore. L'apparato, dice l'autore, vince in delicatezza tutti i termo-moltiplicatori conosciuti. La mano collocata vicino al riflettore fece deviar l'ago di 75° pel semplice effetto dell'irraggiamento. Un uomo collocato alla distanza di 10 piedi dallo specchio deviò l'ago di 55°; mentre la temperatura della stanza era a + 17°. Questa somma sensibilità rende l'istrumento di un uso assai dilicato, perchè è difficile di condur l'ago del galvanometro a 0° ancorchè si usino le maggiori precauzioni.

Per l'altre temperature si fa uso degli elementi termo-elettrici di ferro e di platino, e per le medie di ferro e packfong. *Seebeck* ha dimostrato che il packfong è un corpo assai positivo nella scala termo-elettrica. Egli sta tra il nickel ed il platino della scala di *Cumming*.

§ 130. C) *Degli effetti prodotti dal termo-elettricismo.*

Col mezzo degli apparati termo-elettrici poterono i fisici ampliare il campo delle loro ricerche, e il dominio dell'uomo sulla natura.

Melloni col termo-moltiplicatore del *Nobili*, perfezionato dal *Gourjon* allargò la dottrina del calorico raggiante. *Cumming e Marsk,* ottennero con calamite opportunamente disposte il moto di rotazione in circuiti formati di due metalli inegualmente riscaldati. *Stewart-Traill* ebbe identità di effetti da eliche percorse da correnti termo-elettriche e dalle Voltiane. Vuolsi tenere per indubitato che rinvigorite sufficientemente che sieno queste correnti, si avranno tutti quei fe-

nomeni che appalesa l' elettrico eccitato cogli altri mezzi. Non poterono i fisici peranco avere col termo-elettricismo le direzioni che prendono le spirali percorse dalle correnti Voltiane per l' azione del globo; ma osservarono bensì che i movimenti di attrazione e di ripulsione delle correnti termo-elettriche con le calamite, avvengono più agevolmente rispetto a certi punti del globo che ad altri. Il che dalle conosciute dottrine potevasi attendere, prima che l'esperimento lo confermasse. *Traill* osservò, che i maggiori risultamenti si hanno allorchè l' apparecchio fa un angolo retto col meridiano magnetico; ed io direi allorchè la magnete cospira con la terra a dirigere l' apparecchio termo-elettrico.

Botto, professore di fisica nella Reale Università di Torino, ottenne dalle correnti termo-elettriche, fenomeni chimici, come la decomposizione dell'acqua. A tal uopo formò egli una catena metallica di centoventi frammenti di filo di platino, ciascuno dei quali era di un pollice di lunghezza e di un quarto di millimetro di diametro, e di altrettanti di filo di ferro dolce delle stesse dimensioni che frapponeva ai fili di platino; appresso avvolse questa catena ad un regolo di legno della lunghezza di diciotto pollici, in modo che le saldature venissero disposte alternativamente sopra uno dei lati del regolo e fossero lontane dall'altro lato per quattro linee circa; per tal guisa egli potè da un lato riscaldare queste giunture e dall' altro tenerle ad una temperatura assai bassa.

Nel 1836 il cav. *Antinori* a Firenze il P. *Linari* delle Scuole Pie, professore nella Università di Siena, riconfermarono i fenomeni chimici con la decomposizione dell' acqua e del nitrato d' argento, interponendolo fra due laminette d'oro comunicanti coi poli di una Pila termo-elettrica di antimonio e bismuto di venticinque elementi; la corrente però veniva rinvigorita dall' azione di spirali elettro-dinamiche formate di filo di rame lungo cento cinquanta quattro

metri con magnete temporaria. Lo stesso cav. *Antinori* e il professore *Linari* ebbero da queste correnti termo-elettriche la scintilla oltre la magnetizzazione degli aghi di acciajo circondati da spirali metalliche ed il palpito del mercurio. Al conseguimento di tutti questi effetti io imaginai una Pila termo-elettrica costrutta di archetti di bismuto e di antimonio, i quali pescano in recipienti di vetro pieni di mercurio alternativamente riscaldati, che a simiglianza della Pila idro-metallica del *Volta* chiamai *Pila termo-elettrica a bicchieri o a corona* (1).

Porrò fine a questo paragrafo indicando alcune delle principali applicazioni del termo-elettricismo.

Pouillet usò una coppia termo-elettrica per la misura dell' alte temperature. Egli ha formata la sua coppia con due fili metallici molto sottili, scelti fra i metalli poco distanti nella scala termo-elettrica, come sono il platino ed il palladio. Due estremità di questi fili si uniscono insieme coll' attortigliamento, e le altre due estremità si uniscono ai fili del galvanometro. Mentre queste due estremità si mantengono ad una temperatura costante, si fa variare la temperatura delle altre due. L' autore cercò di graduare l' istrumento comparativamente ad un termometro ad aria; ma io avviso che queste indicazioni non sieno nè uniformi nè paragonabili; perchè oltre a quello che superiormente fu esposto, è molto probabile che l' azione stessa del calorico alteri la conducibilità e il potere termo-elettrico dei metalli della coppia.

Con un apparato simile a questo di *Pouillet*, formato di metalli aventi un poter termo-elettrico maggiore, si può conoscere se v' abbiano delle dif-

---

(1) *Gazzetta privilegiata di Milano del* 24 *febbrajo* 1838, *n.* 55; *Zantedeschi sul termo-elettricismo dinamico ecc. pag.* 18, *Milano tipografia e libreria Pirotta e C.* 1838.

ferenze di temperature a diverse profondità e a differenti altezze, con un circuito costante.

Peltier propose la coppia termo-elettrica come termoscopio elettro-termico. Questo stesso fisico posando una sottile capsula di platino sopra tre coppie termo-elettriche a guisa di treppiedi, ha potuto determinare i più piccoli cambiamenti di temperatura, che avvengono nel liquido che bagna la capsula. Così ha distinto tutti i casi, in cui vi è azione chimica fra due corpi essendovi calore sviluppato da quelli, in cui vi è soluzione con raffreddamento. *Peltier* tramutò l'apparato termoscopico in igrometro, che è di una squisita sensibilità. Basta, egli dice, il più delle volte aprire la finestra di una stanza per avere dei movimenti nell'igrometro termo-elettrico.

Becquerel e *Brechet* cercarono di rilevare la temperatura dei visceri degli animali; e *Dutrochet* riconfermò l'esistenza del calor proprio delle piante discoperto dal *Paoli;* ma in tutti questi mezzi la scienza è ancora lontana dall'avere apparati misuratori. Attende nuove investigazioni da' suoi diligenti cultori.

CAPO SECONDO

§ 131. *Del Termo-Magnetico.*

Fino da remotissimi tempi istudiarono i fisici le alterazioni della virtù magnetica per l'azione del calorico; ma gli effetti che ne tramandarono sono contradditorj fra di loro. Le leggi che in questa parte ha guadagnate la fisica si devono a *Kuppfer*, a *Christie.* a *Baumgartner*, a me, ed a *Mayer*. Io esporrò in distinti articoli i risultamenti delle esperienze di questi fisici.

ARTICOLO I.

§ 132. *Delle esperienze di Kuppfer.*

Kuppfer soleva argomentare la diminuzione della virtù magnetica in questo modo: sospeso un ago con un sottilissimo filo e deviatolo di un dato angolo, teneva conto del numero delle oscillazioni che faceva in un determinato tempo; dipoi, disposta una verga magnetizzata col suo polo omologo al di sotto dell' ago oscillante, e parallelamente alla sua lunghezza, osservava di nuovo l'accrescimento del numero delle oscillazioni alla temperatura iniziale. Appresso riscaldava la verga, che era collocata in una vaschetta di rame, col versarvi dell'acqua bollente, e rinnovava a queste ed alle successive temperature le sue esperienze, dalle quali gli parve poter stabilire le seguenti leggi:

I. *La virtù magnetica per l' azione crescente calorifica s' infievolisce.*

II. *Ridonata la temperatura iniziale, la forza magnetica non ritorna precisamente al vigor primitivo.*

III. *L'intensità magnetica diminuisce nella semplice ragione dell'aumento di temperatura.*

IV. *La perdita della virtù di una verga calamitata sottoposta in varie riprese ad una temperatura crescente entro determinati limiti, riesce sempre minore e in fine più non decresce.*

V. *Il centro d' indifferenza di una calamita, sottoposta ad una parziale temperatura, si avvicina al polo ove la temperatura è minore.*

VI. *L'aumento di temperatura applicato ad una estremità di una verga calamitata, non altera punto l'intensità magnetica dell' estremità opposta.*

A queste medesime conclusioni dice essere pervenuto il *Matteucci* ne' suoi esperimenti.

ARTICOLO II.

§ 133. *Delle esperienze di Christie e Baumgartner.*

Un anno dopo la pubblicazione della Memoria di *Kuppfer* la *Biblioteca Universale di Ginevra* ci fece conoscere un lavoro del sig. *S. H. Christie*, che nel 1825 aveva reso di pubblico diritto nella prima parte delle *Transazioni filosofiche*. In esso si ravvisa non essere riconfermata la legge terza di *Kuppfer*, che ammette l'infievolimento del vigore magnetico sia in ragione della semplice temperatura. Soleva *Christie* ne' suoi esperimenti collocare una verga magnetica in un vaso di terra ripieno d'acqua e appressarla al polo di un ago mobilissimo, che lo faceva deviare dalla sua posizione naturale, ove era tenuto per la reciproca azione della verga e della terra; ed innalzare a piacimento la temperatura dell' acqua che veniva indicata da un buon termometro che vi era immerso; e dalla distanza alla quale veniva tenuto l' ago dalla verga, calcolava le mutazioni alle quali essa soggiaceva.

Il sig. prof. *Baumgartner* osservò che *la forza di una calamita stata diminuita per mezzo del calorico cresce bensì nuovamente coll' abbassarsi della temperatura, ma non già in quel rapporto che seguì diminuendosi di mano in mano che la temperatura si elevava.*

ARTICOLO III.

§ 134. *Delle esperienze di Zantedeschi e Mayer.*

E perchè utilissima cosa è, anzi necessaria pel comprendimento delle naturali esperienze, l' avere esatta notizia di quegli istrumenti che ci servirono a riconoscere le alterazioni che riceve la calamita dal calorico, conseguentemente è da vedere la loro

descrizione ed il modo che abbiamo tenuto per comodamente servircene e con facilità.

Appendasi ad un sottil filo di bozzolo lungo cent'otto millimetri nell' asse del vaso di cristallo A E (*Fig.* 66) un ago magnetico della lunghezza di novantotto millimetri, tre di larghezza ed undici grani in peso, e veggasi bene di aggiustarlo in modo, che torni nella direzione della linea S N segnata sul piano del sostegno del vaso, ove è un cerchio diviso per ogni quarta parte in 90°; e come il bisogno il richiegga, col mezzo de'piedi B, C, D fatti a vite, si collochi l'apparecchio perfettamente orizzontale, e mediante un congegno a vite A l' ago si metta a quell' altezza che all' esperimento torna la più conveniente. Nella cassetta F G, che è di rame si collochi la verga di acciajo S″ H Z N″ calamitata, garantita dall' azione dell' ossigene mediante un velo trasparente di vernice, che, come vedesi, è piegata in modo che torna con le sue due uguali estremità in una medesima retta linea, ed è lunga quattrocento venti millimetri, larga otto, e del peso di once due, dramme tre, grani quattro. Si empia la cassetta di acqua, e dentro si tuffino i bulbi di due o più squisiti termometri R T, R′ T′ portati da sostegni L M, L′M′; si vegga bene che le sfere loro sieno a quella distanza dal fondo della cassetta alla quale trovasi la verga S″ H Z N″, onde abbiano a segnare la temperatura di quegli strati di acqua che investono la verga calamitata, e si dispongano convenientemente le tre lampane a spirito di vino K, K′, K″, le quali sono di vetro poggiate sopra sostegni di legno.

Disposto per tal guisa l'apparecchio, lo si venga lentamente appressando col tener diritto il polo australe della verga al polo boreale dell'ago. A mano a mano che vi si accosterà, vi giugnerà pure con la sua virtù, la quale egli sentendo, comincerà lentamente ad avvicinarsi ad essa; allora lo sperimentatore non si resti, ma con tardissimo moto ritiri l'apparecchio in modo che l' ago cammini ottanta gradi dal nord

all' est. Fermisi allora il sostegno, e s'indugi sino a che l'ago ha perduto ogni suo movimento. Con replicati saggi si riprovi quale sia la precisa distanza alla quale le due forze della terra e della verga si pareggiano; del che si potrà agevolmente venire in cognizione da un ondeggiamento ch' esso comincia a mostrare.

Qui si fissi l' apparecchio, e di nuovo lo sperimentatore si fermi fino a che l'ago ritorna perfettamente tranquillo, e si misuri la distanza della verga dall' ago, che nelle nostre esperienze fu di venti centimetri. Appresso si noti la temperatura che indicano i termometri, ed un osservatore si collochi comodamente per vedere i mutamenti di luogo che sarà per mostrare l' ago, ed un secondo sia attento all'andamento de' termometri, ed un terzo sopra tavola preparata sia pronto a scrivere i risultamenti ottenuti.

Così disposta ogni cosa, abbiamo dato fuoco alle lampane, facendo salire la temperatura fino all'acqua bollente, ed abbandonando appresso l'apparecchio ad un naturale raffreddamento.

E siccome nei risultamenti di queste esperienze potevano avere un'influenza notabilissima i corpi circostanti sottoposti a temperature diverse, la luce, l'ossidazione della verga magnetica immersa nel bagno, la posizione dell'apparecchio rispetto a' diversi punti del globo, così abbiamo voluto rinnovare tutti questi esperimenti, mettendoci in guardia dall' azione di tutte queste cagioni (1). Usando impertanto del metodo indicato di deviazione, abbiamo riconfermata la prima e seconda legge di *Kuppfer*, la correzione fatta alla

---

(1) *Memoria intorno alle alterazioni della virtù magnetica per l' azione del calorico e di qualche altro fenomeno relativo, dei sig. F. Zantedeschi e F. Mayer. — Poligrafo di Verona dell' anno* 1831, *T. VII*, *pag.* 173.

terza legge da *Christie* e quella che venne stabilita da *Baumgartner*, e riconosciuta per vera la quarta discoperta dal fisico di Kasan; ma non così ci venne fatto di vedere la sussistenza della quinta legge; abbiamo costantemente veduto che la virtù magnetica s' infievolisce da prima al polo ove è applicata la sorgente calorica, e appresso all'opposto, e che l'indebolimento che manifesta il polo sottoposto alla virtù del calorico è maggiore di quello che patisce l'altro polo. Rimaneva tuttavia a vedersi se la diminuzione di energia in questo polo era dovuta all' azione del calorico, che senza dubbio si era successivamente propagato in tutta la verga, ovvero alla diminuzione d'intensità magnetica cagionata in N′ (*Fig.* 67) dalla azion del calorico, o finalmente dall'azione simultanea di queste due circostanze. Per poter raggiugnere tali verità era al tutto necessario che si avesse a séparare l'azione calorifica dalla magnetica; al quale scopo pensammo investire la metà della verga di ghiaccio in modo che avesse a mantenersi ad una temperatura costante, cioè 0° R, della quale venivamo avvertiti da due sensibilissimi termometri, che poggiavano in due cavità, l'una in *O*, l'altra presso ad un polo di una verga; e da un molteplice numero di esperienze abbiamo potuto assicurarci che tuttavia l'angolo dell' ago opposto al polo ove era applicata la sorgente calorifica diminuiva. In fatti, in un saggio l'angolo dell'ago S N era di 47°, e quello di S″ N″ di 20°. In S′ O, con tutte le avvertenze indicate al § 21 della citata Memoria, vennero sottoposte tre lampane accese a spirito di vino, e l'altra metà ON′ fu investita di ghiaccio, e due termometri sensibilissimi l'uno collocato in *O* e l'altro presso ad N′ ci fecero vedere che la temperatura di questa parte della verga, in tutto quel tempo che durò l' esperimento, si mantenne costantemente a 0° R. Dopo un intervallo di tempo, l' angolo che era di 47° divenne di 34°, e quello di 20° discese a 18°. In questo esperimento, che varie volte ripetuto fu sempre uniforme

a sè stesso, ci fu caro riscontrare un rapporto tra le calamite e le Pile Voltiane, che, per quanto sappia, venne solo notato dal lato delle *attuazioni*, ed è che l'esaltamento o la diminuzione dell' azione di un polo influisce sull' invigorimento o diminuizione di energia dell' altro.

Veduta l' influenza dell' azione del polo S′ sopra N′ indipendentemente dall'azione calorifica, abbiamo levato il ghiaccio, e fu bello vedere che l'angolo di 47°, che era diminuito fino a 34° e non più, in breve venne a 32°, e quello di 20°, che rimase stazionario a 18°, discese a 17° $^1/_4$. Nel qual fatto ci siamo assicurati che, oltre all'azione magnetica, concorre a diminuire la virtù della polarità delle calamite anche il calorico. Non ci venne fatto di mettere fuori di ogni dubbio la quinta legge di *Kuppfer*, nella quale stabilisce che *il centro d'indifferenza di una calamita, sottoposta ad una parziale temperatura, si avvicina al polo ove la temperatura è minore.* Noi abbiamo rinnovate le identiche esperienze del fisico di Kasan. Collocammo una verga calamitata nella direzione del meridiano magnetico, e disposto un ago, che era liberamente sospeso parallelamente alla verga in guisa che esso tuttavia rimaneva nella direzione dello stesso meridiano, vedemmo che l' ago veniva attratto dal lato della verga sottoposta all'azione calorifica nel caso che i poli della medesima parte erano di nome differente, e che per contrario veniva ripulso ove erano i poli dello stesso nome. Da questi fatti discoperti da *Kuppfer*, e riconfermati da noi, il fisico di Kasan conchiuse che il punto d'indifferenza si discosta dalla sorgente calorifica (*Fig.* 68 e 69); ma non ci parve tale illazione necessaria.

La scienza impertanto possiede le seguenti leggi:

I. *Il calorico infievolisce il vigore delle calamite* K.

II. *L'indebolimento del vigore magnetico non segue la ragione dell'aumento di temperatura*; C.

III. *Ridonata la temperatura iniziale, la forza magnetica non ritorna precisamente al vigor primitivo*; K.

IV. *Le calamite non riprendono porzione di loro energia all' abbassarsi della temperatura, seguendo una ragione precisamente inversa a quella del decremento per l'aumento di temperatura ;* B.

V. *La perdita che fa una calamita, sottoposta all' azione del calorico, infine più non aumenta entro i limiti della temperatura usata ;* K.

VI. *L'influenza del calorico, nel diminuire la virtù magnetica di un polo dopo alcuni istanti si manifesta anche al polo opposto, ma però con un grado minore ; Z*, M.

VII. *La diminuzione della virtù magnetica, prodotta in un polo di una calamita dall' azione del calorico, si estende al polo opposto, in grado però minore indipendentemente dall' influenza calorifica ;* Z, M.

A queste leggi credo dover aggiugnere che *Fusinieri* ottenne con la parziale temperatura, *inversione di polarità da verghe magnetizzate*, e speciali fenomeni di attrazione e di ripulsione, che pare s' attengano allo stato speciale delle molecole.

Tutti questi esperimenti fanno vedere che la virtù attrattiva e ripulsiva delle magneti va soggetta a delle modificazioni in virtù dell' azione calorifica, anzi giugne pur essa intieramente a fiaccarsi, come ne mostrano veridici esperimenti, e a rendersi nulla perfino l'azione del ferro e dell' acciajo sopra altre magneti. *Cabeo* infatti ci lasciò scritto : *Ignis magneticam qualitatem profligat ;* e a' nostri giorni *Faraday* esperimentalmente comprovò che alla temperatura dell' ebollizione dell' olio di mandorle una verga di acciajo ben calamitata perdette intieramente ad un tratto la sua polarità, e divenne sotto il rapporto magnetico simile al ferro dolce, e alla temperatura di un calore rosso-ranciato perdette le proprietà magnetiche del ferro dolce. Vi sono adunque per l'acciajo calamitato due temperature che producono effetti differenti : al di sotto della prima le particelle dell'acciajo possono conservare uno stato

magnetico permanente; fra la prima temperatura e la seconda queste particelle non possono acquistare e conservare lo stato magnetico se non sotto l'influenza di una calamita. Finalmente al disopra della seconda temperatura non sono più suscettive di alcuna specie di proprietà magnetica. Sembra che la temperatura più bassa, alla quale la polarità magnetica svanisce, s'attenga al grado della tempera e alla natura particolare dell'acciajo. Infatti dei frammenti di calamita naturale divennero insensibili all'influenza delle calamite ad una temperatura men alta di quella che ricercasi per l'acciajo. Secondo *Fox* il ferro fuso non ha azione sull'ago magnetico, e non è che al calore rosso-ciriegia che ne venga attratto. Secondo gli esperimenti di *Faraday* è al calore rosso-ranciato che il ferro, sotto il rapporto magnetico, diviene simile al rame e agli altri metalli non magnetici; il nikel presenta lo stesso fenomeno, ma ad una temperatura molto più bassa, cioè a circa 330° C, ovvero 350° circa tutti i metalli possedono a determinate temperature le polarità magnetiche? Non venne peranco dall'esperienza comprovato.

Per converso avea osservato *Cabeo* come il calorico possa influire in determinate circostanze alla magnetizzazione dell'acciajo: *Ignitio disponit ferrum ad verticitatem concipiendam; non juvat tamen directe, sed removendo;* perchè infievolisce, per ispiegarmi col linguaggio di *Epino*, la resistenza che l'acciajo freddo opporrebbe ai movimenti del così detto *fluido magnetico* e *Musschembroek* osservò che le verghe di ferro, rese per mezzo del fuoco rosseggianti e collocate nella direzione del meridiano magnetico, inclinandole altresì nel tempo stesso all'orizzonte di quel numero di gradi che indicava l'inclinatorio, presto si magnetizzarono. Fenomeno che appresso venne riconfermato dal dottor *Hook*, *Robinson*, *Configliacchi*, *Barlow*, *Barlocci*, ed altri distinti fisici; anzi quest'ultimo aggiunge che, sottoponendo la barra riscaldata anche all'influenza di

una forte magnete, ed abbandonandola ad uno spontaneo raffreddamento, si magnetizzava fortemente. Questo processo venne ripetuto felicemente da M. *Aimè*, il quale esperimentò ancora, usando di una energica corrente elettrica in tutto quel tempo che la verga si raffreddava. Egli non conobbe vantaggio di sorta dal riscaldamento della verga sino al rosso-bianco; dai proprj esperimenti rimase convinto che basta la temperatura portata a quel grado in cui una barra magnetizzata perde la propria polarità, ossia che è suscettiva come il ferro dolce di una influenza magnetica. *Faraday* è d' avviso che l' attitudine che hanno i corpi pel magnetismo dipenda, come la liquidità e l'evaporizzazione, da uno stato particolare delle molecole; ma questo modo di vedere il fenomeno è dovuto al sig. professor *Configliacchi*, e venne appresso riconfermato da me.

ARTICOLO IV.

§ 135. *Del termo-magneto-elettrico.*

Niuno per quanto mi sappia, notò quali effetti avvenissero nel seno della calamita all' atto che all' esterno la sua virtù attrattiva e repellente s' infievolisce. In altro mio scritto io n' aveva dato un cenno, ed ecco in qual modo io esperimentava. Una magnete a ferro di cavallo del peso di una libbra e mezzo, e della forza da sostenere presso a poco sè stessa, la collocava in un piano orizzontale a tale distanza dal moltiplicatore, che non avesse minimamente a risentirsi della sua influenza. Essa guardava coi due poli il galvanometro; il sud era alla destra dell' osservatore rivolto all' apparecchio, e il nord alla sua sinistra. Una spirale *dextrorsum* cingeva il polo sud con trenta spire, e il capo del filo corrispondente alle elici ascendenti, ossia a quelle che si avvicinavano alla parte arcuata della magnete, era unito con la estremità del filo galvanometrico,

che rispondeva alla sinistra dell'osservatore, e l'altro capo si univa coll' altra estremità. Ora tuffando il polo suddetto avvolto dalla spirale, che col galvanometro chiudeva il circuito, in un bagno di acqua calda a + 50° R., avea una declinazione a sinistra di 15°. Levata la spirale e rimessa nel polo nord (ritenuta la calamita nella sua prima posizione), e compiuto il circuito precisamente come nel caso precedente, al tuffarsi di questo polo nel bagno di acqua calda alla suddetta temperatura, l' ago declinava parimente a sinistra di altri 15° circa.

Mi sono assicurato con replicati esperimenti che l'osservata deviazione galvanometrica non proveniva da una corrente termo-elettrica della spirale; perchè essa da sè, tuffata nel bagno caldo, non faceva sviar l'ago nè molto, nè poco, come ho osservato nella Sezione seconda di queste Ricerche. Doveva adunque conchiudere ad una corrente termo-elettrica indotta.

Ma questa corrente indotta nella spirale si derivava dal termo elettricismo dell'acciajo della calamita? Per isciogliere questa interessante ricerca io procedetti analiticamente. Dapprima avvolsi una spirale *dextrorsum* ad un parallelepipedo di ferro dolce, e chiusi il circuito. All'immergere la verga con la spirale nel bagno caldo, che era alla temperatura di + 50° R., l'ago deviò di 35° alla destra dell'osservatore. Rinnovato questo esperimento con più verghe, n'ebbi sempre lo stesso risultamento.

Era ad osservarsi se avveniva lo stesso anche coll' acciajo, e perciò procacciatemene tre verghe di forma parallelepipeda, che non avevano magnetismo apprezzabile, le sottoposi successivamente all' esperienza; e con tutte e tre io ebbi pure, a cose uguali, una declinazione a destra di 25°. Con una verga di acciajo di forma cilindrica del diametro di tre centimetri, ebbi una declinazione a sinistra di 5°, ma cimentatala con un ago liberamente sospeso, la trovai essere magnetizzata debolmente e con poli distinti, per cui avvenivano le attrazioni e ripulsioni.

Calamitate le tre verghe di acciajo col solito metodo del semplice contatto, e sottoposte di nuovo all'esperimento come prima, la declinazione fu a sinistra di 55° abbondanti. Io non potei più dubitare per questi fatti dell'esistenza del termo-elettricismo delle magneti, siccome quello che era diverso nella direzione da quello del ferro dolce e dell' acciajo,

Egli è necessario al riuscimento di questi esperimenti, che fra una ed altra esperienza si frapponga tale intervallo di tempo, che basti perchè le verghe da esplorarsi si rimettano alla temperatura iniziale; altrimenti avvengono delle anomalie, che non saprei per ora bene chiarire.

Osservando attentamente il movimento dell'ago ho potuto riconfermare quanto aveva scritto al § 20 delle mie *Ricerche*. L'ago si tiene sviato, come avviene per l'azione di un elemento Voltiano; e fa le sue oscillazioni d' intorno ad un centro mobile, il quale risponde perfettamente allo zero dell'istromento in cui ritrovavasi l'ago prima di esperimentare, rimesso che siasi il tutto alla medesima temperatura. Neppur qui l' ampiezza delle oscillazioni segue una ragione della virtù calorifica.

CAPO TERZO

§ 136. *Del luci-elettrico.*

Il *Morichini*, nel suo originario lavoro *intorno al magnetismo della luce*, riferisce essersi avveduto dalla divergenza delle pagliuzze dell' elettrometro di una elettricità positiva originata dal fuoco de' raggi violetti; e nel mio lavoro luci-magnetico, pubblicato nel 1829, ho riferito che mi venne fatto di osservare, col mezzo di un moltiplicatore squisitissimo, l'esistenza di deboli correnti elettriche che muovono dal raggio rosso al violetto; ma è merito dell'illustre professore *Barlocci* avere esteso tale argomento. Egli, nel dubbio e nell'incertezza in cui ci ponevano

le teoriche fisiche intorno all' origine dell' elettricità del globo, avvisò che il sole fosse la fonte immediata dell' elettricità terrestre ed atmosferica. E lo confermavano in questo pensamento e i risultamenti ottenuti dal *Morichini*, e gli esperimenti di *Watt*, de' quali rese conto nel 1829 in una Memoria inserita nel *Giornale Arcadico* sui moti oscillatorj della bussola solare ideata dal detto fisico, che siegue il corso apparente del sole dal suo nascere fino al suo tramonto, come l' *helianthus*, volgarmente detto girasole, ed altri fiori, che gli avean fatto travedere nei raggi del sole anche un potere elettrico. E perciò fino dagli anni antecedenti al 1830 istituì delle ricerche per accertarsi con prove dirette del potere elettrico dei raggi del sole. E da prima esperimentò ricevendo o la luce decomposta dal prisma sopra elettroscopj i più sensibili, o la luce riflessa nei rispettivi fochi degli specchi concavi di vetri diversamente colorati. Ma non poteva essere sicuro della verità e realtà degli indizj elettrici che egli otteneva, perchè potevano questi provenire piuttosto da elettricità svolta per il calorico degli intonachi resinosi degli elettrometri condensatori, e che specialmente in queste dilicate ricerche sono sempre incerti e fallaci anche sotto la mano dei più cauti ed esperti sperimentatori. Pose in azione i moltiplicatori di *Schweigger*, e n'ebbe dei deboli indizj di elettricità con la divergenza di qualche grado segnato dall'ago mobile, collocando le due estremità dei fili di detto apparato una nel raggio rosso e l' altra nel violaceo dello spettro, e adoperando tanto il moltiplicatore a filo di argento con ago astatico, secondo le correzioni del cavaliere *Leopoldo Nobili* di Reggio, quanto quello ideato dal professor *Marianini*. Da questi saggi, che non parvero al chiaro autore mettere fuori di ogni dubbio l' elettricità dello spettro solare, fece trapasso ad altri adoperando delle rane ben preparate e vigorose, che fossero irritabili allo stimolo della più debole elettricità. « L' apparecchio, dice

l'Autore, di cui mi servii nello sperimentare, consiste in una colonnetta di cristallo fissata verticalmente sul suo piede, a cui sono infilate due cerniere di lamina di rame, che possono accostarsi e discostarsi ad arbitrio. A queste cerniere sono annessi orizzontalmente due fili di rame, e ciascuno di essi termina pel capo più corto in un piccolo disco di rame tinto in nero, mentre i capi più lunghi di detti fili si prolungano dal lato opposto della colonna. Preperata al solito una rana, cioè tolta la pelle e lasciati a nudo i nervi crurali attaccati al tronco della spinale midolla, io sospendeva la rana pel tronco al filo della cerniera superiore della colonna di cristallo, facendo posare le gambe sul filo dell'inferiore e facendola scorrere alla opportuna distanza. Esponeva quindi l'apparato alla luce colorata dello spettro, fissandolo a conveniente distanza dal prisma, perchè uno dei due piani circolari tinto in nero fosse irradiato dalla luce violetta, e l'altro dalla luce rossa; e quindi tutte le volte che formava contatto fra i due fili di rame più lunghi, sporgenti all'infuori dall'altro lato della colonna, otteneva nella rana segni evidenti di contrazione. Sono più o meno forti dette contrazioni, secondo lo stato più o meno vigoroso e robusto dell'individuo che si sottopone al cimento, secondo la maggiore o minore rifulgenza della luce, e secondo la minore o maggiore umidità dell'aria atmosferica, che molto influisce sull'esito di questa esperienza. Ora non osservandosi queste contrazioni quando l'apparato si trasporta fuori ed in luogo ombroso, non esposto alla viva influenza della luce, e neppur seguendo quando si riscalda per mezzo della fiamma uno dei due dischi, o qualche porzione dei due fili di rame, che forman l'arco di comunicazione fra i nervi ed i muscoli della rana (il che potrebbe far sospettar d'elettricità svolta per una azione termo-elettrica), vi è tutto il fondamento a credere che il potere elettrico, che in questi casi convelle ed agita gli organi di questi animali, risieda nella luce del sole.

« Ora in appoggio di questo esperimento potrò aggiungere anche qualche altro, che mi fu dato osservare in quest'anno, comprovante sempre più l'elettricità della luce. Ho io avuto occasione di verificare in varie circostanze che le macchine e gli apparati elettrici, che si mostrano alle volte poco vigorosi ed attivi, riacquistano tosto la loro energia esposti che sieno all' influenza diretta della luce del sole. Avendo scelte due macchine elettriche formate con dischi tratti da un medesimo cristallo, e costruiti precisamente sotto la stessa forma e dimensioni, io ebbi campo di osservare che si duplicavano gli effetti di elettrica tensione in una di queste macchine, quando si faceva agire tenendola esposta all' azion della luce, mentre languidi e deboli erano gli effetti dell' altra non collocata nelle medesime circostanze. Vero è che questo aumento nei segni elettrici, potrebbe essere attribuito all'azione del calore solare, che dissipa quella umidità che può essere aderente alla macchina, ed esistente nell'aria che la circonda, e che tende sempre a disperdere quella elettricità che si trasfonde dal disco nel conduttore. Ma vero è d'altronde che avendo io posto queste due macchine identiche in parità di circostanze di temperatura, cioè esposta una all'influenza dei raggi solari, l'altra situata in ambiente mantenuto alla stessa temperatura dei raggi del sole, ma non irradiato dalla luce, verificai che in questo caso la tensione elettrica della macchina esposta alla luce superava del doppio circa la tensione dell' altra situata in un ambiente non illuminato, ma portato alla medesima temperatura. Or chi non trarrebbe da questo esperimento nuovo argomento di credere che il potere elettrico risiede nella luce, e che l'elettrico ci viene perennemente somministrato dalle benefiche irradiazioni di questo astro ?

« Nel proposito, prosiegue l'autore, di convalidar sempre più con nuovi fatti la mia congettura, io mi proposi di esplorare e conoscere i progressi diurni

nella intensità della elettricità atmosferica. Non potendo a questo oggetto prevalermi del comodo di una spranga elettrica isolata, io aveva stabilito, nel luogo più eminente ed isolato della mia abitazione, diversi elettrometri atmosferici, ed in ispecie quello del *Volta*, consistente in una lunga pertica fornita alla sommità di una lanterna, ove si mantiene acceso il lume, che per mezzo di un filo metallico si fa comunicare nel basso con un elettrometro. Or dalla serie delle osservazioni da me fatte si raccoglie che l'elettricità va crescendo in intensità dal nascere del sole sin circa il meriggio, aumentandosi progressivamente la divergenza delle pagliette dell' elettrometro, e quindi va successivamente diminuendo col declinare di quest' astro sino al suo tramontare. Queste osservazioni debbono esser fatte in giorni chiari e sereni, ed in cui l'atmosfera non sia turbata dai venti, e debbono sospendersi nei giorni in cui l'aria è sparsa di nubi, giacchè in questi tempi irrequieta e variabile si mostra l' elettricità dell' aria. Or queste osservazioni e questi fatti sono del tutto conformi a quelli già un tempo osservati dal chiarissimo *Saussure* presso Ginevra, e riportati da *De Luc* nel *Giornale di Nicholson* di dicembre 1810; il che mi rassicura di non aver io preso abbaglio nelle mie osservazioni.

« Ma vi è anche un metodo onde conoscere più agiatamente i progressi diurni dell' elettricità, metodo immaginato già da *De Luc*, autore in origine di quell' apparato, ch' essendo stato a' nostri giorni modificato e migliorato dal professor *Zamboni* di Verona, ha preso la denominazione di *elettromotore zamboniano*. Il pendolo che oscilla fra le due colonne Voltiane, attratto e respinto dalle elettricità contrarie dei due diversi poli, in cui terminano le estremità delle medesime può ben farci scorgere dalla maggiore o minor frequenza delle vibrazioni la maggiore o minor tensione elettrica. È appunto a questo apparato che il celebre *De Luc* diè il nome

di *elettroscopio aereo*, avendo riconosciuto che l'elettricità di questo istromento è sempre in rapporto coll'elettricità dell'aria, e perciò si rende molto opportuno a farci conoscere le variazioni della elettricità atmosferica. Ed infatti, collocato stabilmente questo apparato in una camera illuminata dal sole, e ricoperto da custodia di cristallo per difenderlo dalle agitazioni dell' aria, ci fa conoscere che le sue oscillazioni si accelerano progressivamente dal momento in cui il sole apparisce sull' orizzonte fino alla sua culminazione, e si van poi affievolendo e rallentando a misura che si avanza verso l' occaso. Si verifica parimente con lo stesso mezzo, che questa elettrica irradiazione varia nella sua quantità e nella sua copia nelle varie stagioni dell' anno, ed anche nei diversi giorni dei mesi, in proporzione della maggiore o minore influenza della luce solare. Questi fatti ci addimostrano essere l' aumento nella intensità della elettricità atmosferica in rapporto diretto coll'aumento in intensità della luce diurna. Ed a ciò deve aggiungersi che la elettricità di ciel sereno si sperimenta maggiore nell'inverno che nell'estate, come risulta dalle osservazioni di *Scubler* e *Volta* testè riportate; ma quel ch' è più degno di rimarco si è, che il massimo aumento si osserva vicino al solstizio d' inverno, appressandosi la terra al perielio; ed il minimo circa al solstizio di estate, cioè nel suo afelio: come il professore *Hansteen* di Cristiania aveva verificato seguire riguardo al magnetismo ».

Queste sagaci esperienze dell'illustre fisico di Roma furono di sprone efficacissimo per me a penetrare più addentro in questa misteriosa materia. Le esperienze che io descrissi furono istituite in compagnia del sig. *Mayer* nell' anno 1831, e pubblicate nel gennajo del 1832 (*Poligrafo di Verona* p. 8).

§ 137. *Esperimenti eseguiti il giorno 23 agosto 1831.*

Sopra una lastra di vetro ponemmo due listarelle di stagnola della larghezza di due centimetri e della lunghezza di cinque, che erano collocate a tale distanza fra loro, che sull'una cadea il raggio rosso, e sull'altra il raggio violetto dello spettro solare. Una rana ben preparata veniva in modo collocata, che cogli arti inferiori poggiava sopra una delle listarelle, e co'nervi della colonna vertebrale messi a nudo sull'altra. Da un corso di venti e più esperimenti fatti nell'intervallo di due ore abbiamo ottenuti i seguenti risultamenti:

Preparata una rana nel modo conosciuto dai fisici e disposta in guisa che i nervi erano a contatto con la listarella illuminata dal raggio rosso, e gli arti inferiori con quella illuminata dal raggio violetto, vedemmo manifestarsi una commozione, la quale fu riscontrata essere diversa secondo che era maggiore o minore l'eccitabilità delle rane che si sottoponevano all'esperienza. Infatti nelle più forti e vigorose la commozione era tanta, che si contraevano con gli arti inferiori e balzavano; quelle di una eccitabilità inferiore si scuotevano soltanto nelle dita de' piedi, e le più deboli e fiacche davano solamente segni di gonfiamento ne' muscoli, e precipuamente in quelle parti lacerate che trovansi sopra de'lombi. Per bene avvertire questo gonfiarsi de' muscoli è necessario che l'osservatore si ponga in modo da avere la luce riflessa da tali parti, perchè dal movimento ondulatorio di essa potrà accorgersi del tenue movimento delle sottoposte fibre muscolari.

Le commozioni muscolari fin qui descritte non si manifestano istantaneamente all'atto che si colloca l'apparecchio nello spettro solare, ma si dispiegano sempre dopo qualche tempo che la rana è sottoposta all'influenza della luce.

Vedute le contrazioni che presentano le rane,

siamo proceduti a vedere quali fenomeni si sarebbero manifestati ove uno de' raggi estremi dello spettro solare venisse soppresso. Le nostre esperienze incominciarono dal levare mediante uno schermaglio, l'azione del raggio rosso, e bello fu in questo procedimento vedere le contrazioni a mano a mano diminuire, e dopo certo intervallo non apparire più sensibili al nostro sguardo. Lasciato poi il raggio rosso cadere sulla sottoposta piastrella, ci recò non ordinaria maraviglia la vista del ripigliare, ivi a non molto, sensibilmente la rana le sue commozioni, le quali, giunte a un certo grado di vigore, continuarono per alcuni minuti con nostro particolare piacere. Dopo tali risultamenti passammo a vedere che cosa ci sarebbe accaduto di riscontrare ove fosse levata l'influenza del raggio violetto, continuando quella del raggio rosso. E le nostre esperienze ci hanno convinto che le contrazioni tuttavia continuavano a manifestarsi; ma non possiamo per altro assicurare i nostri lettori se differenza alcuna nell'energia abbiano dispiegata.

Disposta la lastra di vetro con due listarelle di stagno in modo che venissero dai due raggi estremi dello spettro solare illuminate, abbiamo fatto coi nervi tostamente toccare la piastrella rossa, tenendo la rana in mano con gli arti inferiori, e all'atto del toccamento non osservammo guizzo di sorta; ma in quella vece abbiam riscontrata una contrazione vivissima allorchè era stata per qualche tempo la piastrella sottoposta all'influenza dello spettro solare. Simili fenomeni con qualche anomalia furono veduti nel raggio violetto.

Rinnovato il primo esperimento abbiamo messo, come faceva il signor professore *Barlocci*, in comunicazione le due piastrelle fra loro con un conduttore metallico al tutto omogeneo con le due precedenti, e si ebbero scuotimenti incomparabilmente maggiori dei precedenti.

Guidati da sì felici risultamenti delle scosse delle

rane per varie guise ottenute, ci venne voglia di vedere che cosa sarebbe accaduto se in vece che i nervi sieno in comunicazione col raggio rosso, comunicassero col violetto. Varj furono i tentativi da noi fatti, ma non potemmo mai ottenerne effetto sensibile. Il che ci fece vedere quanto tenue sia l'azione dello spettro solare, che non può manifestarsi che ne' casi i più favorevoli allo scuotimento.

§ 158. *Esperienze fatte il giorno* 31 *agosto* 1831.

Dopo le esperienze descritte sin qui, noi procedemmo a vedere se le osservate contrazioni fossero dovute alla alterazione della omogeneità delle listarelle di stagno sottoposte all'azione dei due raggi diversi; perocchè da altre esperienze eravamo condotti a ragionevolmente dubitare della indotta eterogenità; e però, onde togliere qualsivoglia causa di errore, noi credemmo essere necessario istituire il seguente esperimento:

Sopra una lastra di vetro collocammo, come più volte si è detto, due listarelle di stagno al tutto omogenee nel senso voltiano, e sopra vi disponemmo una rana ben preparata e vigorosissima, e indotta la comunicazione mediante una terza listarella di stagno, ci siamo assicurati che per tal guisa esperimentando non si avea contrazione visibile. Ciò fatto, disponemmo l'apparecchio nello spettro solare, come si è detto nella esperienza prima, e rinnovato, dopo qualche minuto, l'arco di comunicazione, la rana violentemente si divincolava; dopo alcuni altri minuti trasportato l'apparecchio fuori dello spettro, e fatta al solito la comunicazione, non si ebbe contrazione di sorte. Trasportammo di nuovo l'apparecchio nello spettro, e fatta la comunicazione, le contrazioni della rana non tardarono a manifestarsi vivissime.

Ancor qui abbiamo riscontrato quello istesso procedimento nelle contrazioni che abbiamo notato in sulla fine della esperienza prima.

Si vede impertanto da questi nostri saggi che le contrazioni osservate nelle rane, sottoposte all'influenza dello spettro solare, non si avevano in virtù di uno sbilancio elettrico promosso dalla eterogeneità dei metalli indotta dall'azione dei due raggi, ma in forza dell'azione stessa dello spettro, il quale incessantemente diffonde elettrico dal raggio rosso al violetto, perocchè noi sappiamo che le rane sono più suscettive a scuotersi colla corrente diretta, che colla corrente inversa, e noi costantemente vedemmo manifestarsi il divellersi o contraersi delle rane allorchè i nervi erano a contatto del raggio rosso, e non quando si rovesciava la posizione mettendoli a contatto del raggio violetto.

Questo fatto è al tutto nuovo nella scienza fisica, e spargerà, noi speriamo, non picciola luce sulla economia che esercita la natura sulla materia organica all'avvicendarsi del giorno e della notte precipuamente: ma senza vagheggiare tali idee, che ci sembrano ancora richiedere profonda meditazione, noi in quella vece avvertiremo che i nostri ottenuti risultamenti variano all'avvicendarsi dello stato igrometrico e termico dell'atmosfera, come aveva osservato *Barlocci*, per cui le contrazioni si hanno più chiare e precise ad alta temperatura, e con una atmosfera limpidissima. Non sappiamo per altro se tali circostanze influiscano ad alterare la virtù dello spettro solare o l'eccitabilità de' nervi delle rane, ovvero concorrano a modificare e l'azione dello spettro e l'eccitabilità de' nervi.

Non ostante che gli esperimenti del signor professor *Barlocci* mettano nel pieno suo lume l'azione elettrica dello spettro solare, l'illustre fisico francese *Becquerel* è d'avviso che si debbano tali risultamenti attribuire ad altre cagioni. « È probabile, egli dice, che l'osservatore non abbia tenuto conto in questa esperienza delle impurità che si trovano sulle superficie de' metalli, e che sono sufficienti a risvegliare una corrente idonea a scuotere una rana.

Se egli si fosse garantito da questa cagione di errore, sarebbe stato condotto ad un' altra conseguenza diversa da quella che avea dedotta da' suoi esperimenti ». E comechè de'miei risultamenti non faccia parola il fisico francese, tuttavia volli con nuove esperienze vedere quale fondamento avesse la sentenza di *Becquerel*.

Presi impertanto delle piastrelle di rame ed un archetto di filo dello stesso metallo, e con replicati esperimenti mi assicurai che il sistema fosse perfettamente omogeneo, nel senso Voltiano; io non ebbi, disposte le rane le più squisite, come ho descritto al § 53 delle mie *Ricerche,* segno sensibile di contrazione.

Assicuratomi dello stato di questo sistema, incominciai a sperimentare nel giugno dell' anno 1838, e continuai le mie esperienze, nei giorni favorevoli, fino al 28 del susseguente luglio, e ad ogni saggio di esperienze luci-elettriche mandai innanzi sempre uno sperimento per vedere lo stato del sistema metallico. Io diceva fra me: Potrebbe essere che per una qualche circostanza che sfugge alla diligenza la più attenta del fisico, il sistema metallico avesse a rendersi eterogeneo.

Per tal modo disposta ogni cosa, io mi sono convinto che quelle anomalie che furono avvertite da *Barlocci*, e riconfermate da me e da *Mayer*, sono costanti. Il che fu una prova della realtà dei risultamenti ottenuti da *Barlocci* in Roma, e da me in Verona ed in Brescia. È un fatto che lo stato atmosferico e la squisitezza degli organi delle rane concorrono al producimento dei fenomeni luci-elettrici.

Furono sottoposte delle centinaia di rane ben preparate all' influenza del raggio rosso e violetto dello spettro solare, e n' ebbi effetti più o meno distinti; e al moltiplicatore, i capi del filo del quale terminavano in due piastrelle di rame, nei giorni più favorevoli ebbi deviazioni di tre a quattro gradi. Io mi sono assicurato dell' influenza termo-elettrica, in

virtù della quale l'ago avrebbe dovuto deviare dal lato opposto.

Negli *Annali delle Scienze del regno Lombardo-Veneto*, si avvisa che gli effetti delle contrazioni delle rane sieno dovuti al maggior calore dei raggi rossi in confronto dei violetti, ossia a correnti termo-elettriche in quel modo eccitate; e si invitano i fisici a decidere se sia o no, riscaldando una delle due lamine più dell' altra, senza l' uso dello spettro solare.

. E comechè gli esperimenti di *Barlocci* ed i miei avessero dimostrato che le descritte contrazioni non si potevano attribuire a una tale cagione, tuttavia, per l' amore del vero, volli rinnovare i miei esperimenti anche sotto tale rapporto in Milano; e dovetti convincermi che la semplice ineguaglianza di temperatura, quale è quella del raggio rosso al violetto, non è sufficiente in questa guisa di esperimentare al producimento degli esposti fenomeni.

Ma il luci-elettrico viene a noi a quella guisa che giugne alla terra la luce e il calorico? ovvero la luce modifica i corpi omogenei da renderli per tutto quel tempo che sono sottoposti alla sua influenza eterogenei? *Morichini* e *Barlocci* sono della prima sentenza; ed altri fisici sono per l' opposta. Da varj anni io adottai la dottrina de' primi, nella quale tanto più mi raffermo, quanto più osservo la natura e la interrogo; perchè da' miei esperimenti emerge che *lo spettro opera nei fenomeni galvanici tanto fisiologici che fisici, come un corpo bipolare negli esperimenti elettrici fin qui conosciuti.*

Sur un piano isolato diretto lo spettro solare, le due piastrelle di rame comunicanti col filo del galvanometro furono collocate alle estremità del medesimo, ossia l' una nel raggio violetto e l' altra nel raggio rosso; e mediante un conduttore isolato dello stesso metallo compiva il circuito, e tosto l' ago deviava di tre a quattro gradi, e la deviazione indicava che l' azione elettrica era nel senso del raggio rosso

al violetto. Con questo sistema non potei mai avere declinazione di sorta senza l'influenza dello spettro; nè tale declinazione poteva dirsi un effetto termo-elettrico, perchè l'ago avrebbe dovuto deviare dal lato opposto.

Nel luglio del 1839, otto anni dopo la pubblicazione delle esperienze luci-elettriche del *Barlocci* e delle mie, *Edmond Becquerel* ha pubblicato le sue interessanti ricerche sugli effetti elettrici prodotti dall'azione chimica della luce solare. Noi riferiremo in sunto i principali suoi risultamenti. Dopo varj esperimenti, *Becquerel* rinvenne opportuno valersi di un recipiente di legno della forma di un cubo, da un lato di un decimetro, internamente annerito. In esso vi si versa un liquido conduttore della elettricità, come sarebbe soluzione allungata di solfato di soda, acqua leggermente acidulata; in questo liquido passano due sottili lamine di argento che mediante i sostegni comunicano col galvanometro, come vedesi nella Figura 70. Le lamine sono della superficie quadrata di 25 centimetri. Ora iodurate queste due lamine sino al color giallo, e immerse nel liquido in modo che l'una sia difesa da ogni irradiazione, e l'altra, mediante la fessura che vedesi praticata in una parete, esposta ne' raggi solari, il galvanometro dà indizio di una corrente elettrica. Analoghi fenomeni si osservano coi cloruri e bromuri di argento. L'apparato venne detto da *Becquerel*, *attinometro elettro-chimico*. Egli osservò che gli effetti elettrici sono tanto più intensi quanto lo strato di cloruro è più sottile, e non così quanto più conduttore è il liquido, crescendo con acido la facoltà conduttrice di questo, giunse ad estinguere ogni effetto. Per conoscere l'effetto dovuto all'azione della luce bisogna aspettare in ogni esperimento che l'ago galvanometrico si metta in equilibrio. Facendo corrispondere l'apertura dell'*attinometro* alle singole parti dello spettro solare, determinò con tutta precisione (*Fig.* 71) l'azione chimico-elettrica della medesima. Incominciando egli

dal rosso verso la linea. A, l'ago rimase immobile e così pure nella linea B dell'arancio; e continuando questa operazione, cominciò ad avere degli effetti nei raggi dell'estremo azzurro che crebbero quanto più si accostò al violetto. Il massimo lo rinvenne in G ed H. La deviazione fu di 20° a 30°; al di là di H vide decrescere l'azione in guisa che verso P al di là del violetto non ebbe che un'azione assai debole. Avverte l'autore che in ciascuno di questi esperimenti bisogna avere l'attenzione di non lasciare la lamina iodurata scoperta od esposta ai raggi dello spettro che per alcuni secondi, cioè per quel tempo che è necessario al compimento di una deviazione dell'ago; perchè altrimenti diverrebbe la lamina di troppo alterata, nè si potrebbe prestare a dei confronti nelle successive esperienze. Ripetendo l'esperimento inversamente da P fino in F all'estremità azzurra rinvenne *Becquerel* le medesime deviazioni di prima; ma verso E notò una deviazione maggiore della primitiva; e nel giallo, nell'aranciato e nel rosso rinvenne ora un'azione che da prima non fu sensibile. Al di là di A non potè avvedersi di alcun effetto. Questa azione in sentenza di *Edmond Becquerel* è dovuta ai *raggi continuatori*, che distingue dai più rifrangibili, i quali chiama egli *eccitatori*. Si può, dice *Becquerel* il padre, senza ammettere l'esistenza di queste due specie di irradiazioni, dire che la sostanza già alterata dalla luce diviene sensibile all'influenza de' raggi, pe' quali non avea potuto dapprima essere sensibilmente modificata.

Esponendo di nuovo *Edmond Becquerel* l'apparato all'azione dei raggi violetti e trasportandolo verso i raggi meno rifrangibili, ritrovò che l'azione dei raggi chimici meno continuatori fu più intensa, mentre che quella de' raggi più rifrangibili rimase la stessa. Questo aumento di azione ha un limite; esso giunge al suo massimo allorchè uguaglia il massimo dell'azione de' raggi più rifrangibili.

Istudiando adunque l'azione dello spettro solare

sull'ioduro di argento, cloruro o bromuro, si vede che vi sono, per così dire, due spettri che operano su questi sali, l' uno situato nella parte la più rifrangibile dello spettro solare, il massimo del quale si trova fra G ed H e termina da un lato in F e dall'altro in P che opera sempre colla medesima intensità; l' altro spettro situato tra F ed A, ha il suo massimo tra D ed E e non opera che sul sale di già impressionato, e tanto più fortemente quanto più la sostanza fu già impressionata fino presso a poco da uguagliare il massimo dell' altro spettro. Nella figura 72 la curva H M Y B rappresenta le intensità illuminanti dello spettro secondo le esperienze di *Frauenhoffer*; e la curva P $\alpha\delta\beta$ A rappresenta due massimi e un minimo di azione chimica, secondo le esperienze di *Becquerel.* L' azione elettrica continua a manifestarsi per tutto quel tempo che dura l'influenza de' raggi luminosi.

Io ho ripetuto le esperienze dell' azione elettrica dello spettro solare procedendo a questo modo. Io presi due listarelle di argento A, B, alle quali saldai quattro fili di rame, M O, L N, F C, E D, iodurai queste listarelle di argento fino al color giallo. Ho compiuto il circolo, colle estremità O, L immerse in acqua acidulata contenuta nel bicchiere G H, e colle estremità C, D, unite metallicamente ai capi del filo galvanometrico. Lasciati trascorrere alcuni minuti onde l' ago magnetico si avesse a mettere in equilibrio, e fatto cadere in B in raggio rosso ed in A il raggio violetto dello spettro solare, tosto il movimento dell' ago indicò una corrente elettrica diretta da B verso A per la via del liquido. Il massimo del movimento dell' ago fu di tre gradi. Il galvanometro era a filo sottile di 3000 giri inetto a indicare la differenza di temperatura tra B ed A, che fu di mezzo grado centigrado. L'effetto elettrico adunque era dovuto all'azione della luce (*Fig.* 73).

CAPO QUARTO

§ 139. *Del Luci-Magnetico.*

Il celebre *Domenico Morichini*, professore di Chimica nell' Archiginnasio della Sapienza di Roma, lesse nel dì 10 settembre del 1812 una Memoria all' Accademia de'Lincei *sopra la forza magnetizzante del lembo estremo del raggio violetto.* Prima di tutto rese pubblica testimonianza al suo collega *Settele* e al suo allievo *Carpi*, che lo assistettero nei suoi esperimenti e soprattutto al suo amico e professore *Saverio Barlocci*, che lo fornì di un mezzo per conseguire gli effetti magnetici più pronti e più vigorosi. Per avere la magnetizzazione soleva dapprima il *Morichini* immergere una delle estremità degli aghi di acciajo privi di magnetismo nel raggio violetto, e appresso, per consiglio di *Barlocci*, faceva scorrere questo raggio ben concentrato per la virtù di una lente convesso-convessa dal mezzo ad una delle estremità di ciascun ago, e rinnovava lo strascorrimento, come suolsi fare nella magnetizzazione a semplice contatto. Per tal guisa ottenne i fenomeni di declinazione ed inclinazione, di attrazione fra i poli di diverso nome e di attrazione della limatura di ferro al polo nord, di ripulsione fra i poli omologhi, e finalmente della attrazione della limatura di ferro al polo sud. Parve a *Morichini* che l'esposto successivo manifestarsi di questi fenomeni potesse spargere luce sulla teoria del magnetico, *che in sua sentenza, unitamente alla luce e al calorico, incessantemente giunge dal sole alla terra.* L'intervallo di tempo più lungo pel conseguimento dei descritti effetti fu di due ore circa, e il più corto di una mezz'ora. Avvisarono *Morichini* e *Barlocci* che esercitasse in questi esperimenti un'influenza grandissima lo stato atmosferico: essi infatti osservarono che una atmosfera poco trasparente, o solo un poco *ciriforme*,

infievolisce e talvolta distrugge intieramente gli effetti magnetici de' raggi solari; così parimente che l'umidità e il vento del sud sono poco favorevoli a questi risultamenti, e per converso molto utile un tempo secco e sereno perfettamente. Gli esperimenti furono fatti alla temperatura dai 18° ai 22° R. La virtù magnetizzante della luce non venne riscontrata almeno in un grado sensibile per l'acciajo in altri raggi prismatici, e la massima potenza fu ravvisata all'estremità esteriore del raggio violetto. I raggi impertanto dello spettro solare, che prima del 1812 si dividevano in luminosi, calorifici e chimici dopo di quest'epoca si divisero ancora in raggi magnetici ed elettrici.

Appresso il dottor *Carpi* a Roma e il marchese *Ridolfi* a Firenze ripeterono con pari successo gli esperimenti del *Morichini;* ma il signor *D'Hombres-Firmas*, il professor *Configliacchi* a Pavia e *Berard* a Montpellier si adoperarono indarno ad eccitare col raggio violetto il magnetismo nel ferro. Il che avrebbe indotto i fisici a dubitare del fatto, se il signor *Davy* trovandosi in Italia nel 1814, e dopo di lui il signor *Plaifair*, non avessero veduto coi proprj occhi un pezzo di ferro non magnetico divenire fortemente magnetizzato nella luce violetta. Così spiegossi a voce quest'ultimo parlando col signor *Berwester* sul processo dell'esperimento mostratogli dal dottor *Carpi* a Roma in assenza di *Morichini*.

« Noi ottenemmo la luce violetta nella maniera ordinaria con un prisma, e raccoglievamola nel fuoco di una lente bastantemente grande. L'ago consisteva in un filo sottile, e a norma de' primi nostri tentativi non mostrava nè la menoma polarità magnetica, nè azione veruna sulla limatura di ferro. Si attaccò esso con cera orizzontalmente sopra un sostegno, e per tal verso, che ad angolo retto tagliasse il meridiano magnetico. Quindi lentamente si condusse il fuoco de' raggi violetti lungo una delle metà dell'ago, passando dal mezzo ad una delle estremità, badando di·

non tornare indietro, e lasciando l'altra metà del tutto fuor della luce. Dopo che l'ago fu cimentato in tal guisa per una mezz' ora, si esaminò attentamente, e non vi si trovò indizio di polarita, nè di forza attrattiva; ma prolungata questa operazione più di venticinque minuti di tempo, l'ago levato dalla luce, e posto su di una punta, girava con grande vivacità, e collocavasi nel meridiano magnetico in modo che l'estremità che era stata esposta ai raggi di color violetto rivolgevasi al nord. Esso attraeva e teneva aderente la limatura di ferro, e quella estremità respingeva il polo nord di una calamita. Così non rimase il menomo dubbio a verun degli astanti che l'ago avesse tolto il suo magnetismo dalla azione della luce».

ARTICOLO I.

§ 140. *Delle esperienze di Sommerville e Baumgartner.*

Così stavan le cose quando la signora *Sommerville* intraprese di nuovo a Londra nel 1825 le esperienze di *Morichini*. A questo oggetto ella collocò un prisma triangolare equilatero all'apertura d'imposta di una finestra, ed espose ai raggi violetti dello spettro solare alla distanza circa di cinque piedi un ago da cucire, che attirava ugualmente i poli nord e sud di una calamita, indi ricoperse di carta la metà dell'ago, per timore che lo sviluppo del magnetismo, per mezzo della luce, non avesse più luogo quando tutto l'ago fosse esposto alla sua influenza. Dopo due ore lo trovò magnetico, e la parte stata esposta alla luce aveva il polo nord. Questo esperimento fu più volte ripetuto col medesimo felice successo. Fece uso ancora de' raggi bleu e verdi dello spettro prismatico, e trovò una simile azione, ma in grado più debole. Soltanto i raggi di color indaco mostravano quasi la stessa forza dei

violetti; gli aranciati, i gialli e i rossi non esercitavano alcuna influenza magnetica. In tutti questi esperimenti la temperatura atmosferica era dai 19° ai 21° R., e i raggi calorifici dello spettro non poterono mai eccitare alcuna forza magnetica nel ferro, sebbene fossero stati cimentati per tre giorni di seguito.

Espose ancora la signora *Sommerville* alla luce violetta, nel modo summentovato, delle molle di orologio di circa un pollice e mezzo di lunghezza, e di un ottavo ed un quarto di pollice in larghezza, le quali originalmente non erano magnetiche, oppure erano state spogliate del magnetismo per mezzo del calorico, e trovò divenir polo nord la parte esposta alla luce. Le parve perfino che acquistassero il magnetismo con questo processo più facilmente che gli aghi; probabilmente perchè presentavano alla luce maggior superficie, ed erano esse stesse di color violetto; un punteruolo però non divenne magnetico, forse perchè la sua massa era troppo grande. Se si concentravano i raggi violetti con una lente di grande apertura, come quella adoperata da *Wollaston* per l'indagine delle azioni chimiche, allora sviluppavano assai più rapidamente il magnetismo. Riconobbe eziandio che tali esperimenti non richiedono che la camera sia perfettamente oscura, ma che è sufficiente guidare lo spettro in modo che non sia rischiarato dalla luce solare diretta.

Anche la luce violetta e la verde che formasi attraversando i vetri all'uopo colorati, riconobbe la signora *Sommerville* efficace a magnetizzare, purchè sia corperta la metà del ferro da calamitarsi, come negli antecedenti esperimenti. Nè credette dover attribuire questo effetto all'azione chimica de' raggi, perchè la carta spalmata di muriato di argento, ed esposta all'azione dalla luce solare tanto dietro un vetro bleu, che dietro un vetro ordinario, nello stesso tempo annerivasi e nel medesimo grado, mentre l'azione magnetica dei raggi di luce, che venivan diretti sul ferro, era molto diversa.

Tale era lo stato della scienza intorno al magnetismo, allorchè il sig. professore *Baumgartner* cercò di riprodur i fenomeni summentovati, attenendosi al processo della signora *Sommerville*. Espose l' autore un sottil filo di ferro in una camera oscura ai raggi violetti dello spettro, e dopo pochi minuti lo trovò sì fortemente magnetico, che respingeva energicamente un polo di un doppio ago; usando dello stesso metodo non sempre otteneva uguali felici successi, forse a motivo della luce non sempre forte abbastanza. Per rinnovare l'esperimento anche sull'azione della luce rifratta da vetri colorati, rinchiuse due ordinarj aghi da cucire in una cassetta di legno tinto in nero, la quale aveva due opposte finestrelle chiuse con vetri di color violetto. Fatto agire sopra di essi la luce solare in due giorni consecutivi, ogni volta, per lo spazio di sette ore, trovò ambedue gli aghi magnetizzati. La parte non corperta di carta era il polo nord, ma la forza con cui respingeva un altro ago magnetico molto sensibile era assai debole, e dopo alcune ore si perdeva intieramente.

Il fatto più importante che emerge da questi esperimenti si è, che la magnetizzazione non dipende dalla illuminazione assoluta, ma dalla differenza dell' illuminazione delle singole parti dell' ago. Perciò il *Morichini* otteneva i fenomeni magnetici facendo scorrere lungo la metà dell' ago la luce violetta condensata mediante una lente, avendo cura di non toccare l' altra estremità colla luce, mentre la signora *Sommerville* giunse allo stesso fine col difendere una metà dell' ago di ferro con un riparo di carta. Quindi è ancora, che raccogliendo la luce con una lente, ed accrescendo così la differenza di illuminazione delle due metà dell'ago, si accelera l' eccitamento della forza magnetica.

Qui si appalesa un grande accordo fra questi fenomeni e quelli osservati da *Seebeck*, il quale mostrò come si possa eccitare il magnetismo in tutti i metalli, mediante un disuguale riscaldamento delle

loro parti. Avvi però questa diversità, che il magnetismo, che in tal modo si eccita, dura soltanto per quel tempo in cui sussiste differenza di temperatura, mentre quello che si suscita nel ferro per l'azion della luce, conservasi come quello generato collo stropicciamento. Inoltre la polarità indotta dal termico diversifica secondo le varie sostanze: mentre quella del ferro e dell'acciajo, per la virtù del raggio violetto, manifesta sempre il polo nord. Una altra differenza avvi fra i due fenomeni: nel primo caso richiedesi di necessità la luce violetta, azzurra o verde, cioè di un raggio di natura determinata; nell'altro il calorico, da qualunque sorgente provenga, trovasi ugualmente atto al magnetismo di *Seebeck*, che è il termo-elettricismo di cui abbiamo parlato. La luce violetta, la cui azione si è trovata la più energica a produrre il magnetismo, è quella che è accompagnata dal minor numero dei raggi calorifici, e si conosce che il calorico ha la potenza di fiaccare la forza magnetica; la luce violetta separa più facilmente di ogni altra l'ossigeno dalle materie a cui è combinato, e l'ossigeno è infatti uno dei più forti nemici del magnetismo.

Poichè la luce solare bianca e indecomposta contiene insieme uniti i raggi violetti, azzurri e verdi, pare che la sua azione sugli aghi dovrebbe essere più energica di quella di un solo di questi raggi separati, a meno che non si volesse attribuire ai raggi rossi, aranciati e gialli una forza opposta a questa: la qual cosa non si può supporre, perchè essi dovrebbero avere la virtù di comunicare alle punte di ferro l'opposto polo, cioè il sud.

Per chiarire questo interessante punto, il signor *Baumgartner*, dopo diverse esperienze tendenti a riconoscere che non ha influenza per sè l'azione di pulire i pezzi sulla produzione del magnetismo, espose alla luce solare diretta un ago, di cui una sola metà era stata pulita; appresso diresse su questa parte la luce condensata con una lente, facendola

agire per tre minuti. Dopo questa operazione avendo trovato che la punta avea acquistato un forte polo nord, credette di poter ritenere che il magnetismo erasi generato soltanto per l' ineguale illuminazione delle due metà.

Se la conclusione tratta da questa esperienza è giusta e legittima, si dovrebbe ancor più facilmente riuscire colla luce a fare sviluppare la forza magnetica arroventando bene un pezzo di acciajo, sicchè si vesta di uno strato di ossido nero, e pulendolo poscia ad una estremità; e si dovrebbe eziandio in un pezzo di acciajo poter generare più poli magnetici pulendolo in più luoghi, in modo che le parti più lucide e chiare sieno separate dalle parti non pulite ed oscure. Quanto regga questa sentenza alla prova de' fatti, lo mostrano i seguenti esperimenti.

Nove pezzi di acciajo, ciascuno de' quali era pulito ad una estremità, conservando nell' altra stata arroventata l' ossido nero, acquistarono in breve, dopo la pulitura, in un luogo rischiarato dal sole, una polarità magnetica tanto forte, che non solo potevano esercitare la loro influenza sopra un dilicato ago magnetico alla distanza di un pollice, ma ancora potevano portare più piccoli pezzi di sottil filo di ferro, e ciascuno avea il polo nord all' estremità pulita.

Un pezzo venne fortemente arroventato, esaminato se era magnetico, e non trovatolo tale, venne temperato ad una estremità. Questa divenne notabilmente più lucida che l' altra parte, essendosi da essa staccata la crosta di ossido nello spegnerla nell' acqua. Nel dì seguente si trovò l' ago, sebbene debolmente, che avea all' estremità più lucida il polo nord. Sarebbe possibile che in questi casi l' eccitamento del magnetismo fosse prodotto non tanto dall' influenza della luce, quanto dal rapido raffreddamento?

Due pezzi vennero intieramente puliti, e non

mostrarono, nè sull' istante, nè dopo otto giorni che furono esposti alla luce solare, la menoma forza magnetica.

Tre altri pezzi vennero esposti alla luce solare con tutto l' ossido nero, di cui si erano rivestiti nel fuoco, e neppure dopo una settimana erano minimamente magnetici.

Tre pezzi vennero puliti in tutta la superficie. Poichè furono riconosciuti privi di qualunque polarità, vennero coperti per metà di cera lacca nera, e poscia esposti al sole. Due di questi, dopo circa sei ore, erano magnetici, e nella estremità libera aveano il polo nord. Il magnetismo che in questo caso manifestarono i due pezzi di ferro, fu di molto minore di quello che dispiegarono i pezzi precedenti. Nel terzo pezzo non venne dato di riscontrare traccia sensibile di magnetismo.

Un pezzo venne su tutta la sua lunghezza, mediante la pulitura, fornito di una striscia chiara, poi come gli altri esposto alla luce, ma non acquistò alcuna forza magnetica. Tre pezzi furono puliti nel mezzo, conservando del resto la loro superficie nera. Ciascuno di questi acquistò alla luce solare in ambedue le estremità un polo sud, nel mezzo al contrario dove trovavasi la parte pulita, un assai forte polo nord. Di questi probabilmente ve n' erano due; ma erano situati così vicini l' uno all' altro, che non si potevano riconoscere separatamente. Altri tre pezzi furono puliti in ambedue le estremità, conservando nel mezzo la loro superficie oscura; ed anche questi acquistarono a ciascuna estremità il polo nord, e nel mezzo un forte polo sud. Un pezzo con quattro zone pulite, le quali erano separate da cinque nere alternativamente, mostrò quattro poli nord e cinque poli sud, poichè fu esposto alla luce per circa due ore.

Il più sorprendente esperimento fra tutti gli istituiti da *Baumgartner*, il quale comprova nel modo più chiaro essere il magnetismo suscitato dalla luce,

fu il seguente. Un pezzo di acciajo, lungo quattro pollici e mezzo, venne esposto di notte alla luce di candela, poi pulito nel bujo, quindi rinchiuso in una cassetta di piombo, che gli escludeva ogni raggio di luce. Così conservossi fino al giorno seguente, in cui fu sottoposto insieme colla cassetta allo scrutinio del magnetismo, senza però permettere alla luce il menomo accesso all' acciajo e non si trovò minimamente magnetizzato. Poscia levato l' ago dalla cassetta, fu posto per un' ora sopra tavola rischiarata dal sole, dopo il qual tempo non dava segno notabile di magnetismo; ma quando ne fu illuminata l' estremità pulita per circa tre minuti colla luce concentrata di una lente di due pollici e mezzo di apertura, cotesta estremità divenne un polo nord molto attivo, e l' altra un polo sud non meno efficace.

ARTICOLO II.

§. 141. *Di alcune nuove esperienze de' fisici.*

Questi esperimenti vennero comprovati evidentemente dai miei Saggi fatti in Pavia nel 1829, e pubblicati nel volume XLII, pag. 139 della *Biblioteca Universale di Ginevra* dello stesso anno, ne' quali descrissi le variazioni alle quali soggiacciono le calamite esposte alla luce solare. In quel mio lavoro fu intendimento di verificare quanto avea annunziato l' egregio professore *Barlocci*; e tra le particolari circostanze che mi venne dato osservare, è da ricordarsi la seguente: feci cadere la luce solare concentrata col mezzo di una lente ora su un polo ed ora su altro di una magnete, che era carica al massimo di quel peso che poteva portare, e da replicate esperienze mi sono convinto che non era indifferente cosa far cadere la luce piuttosto sul polo nord che sul polo sud. Una calamita, sia essa ossidata o no, esposta col polo nord

alla luce concentrata del sole, si rinvigorisce; e per converso si fiacca, se è esposta col polo sud. Di più io riconobbi, con molteplici esperienze fatte successivamente con diverse calamite, che l'aumento di forza che acquista una magnete nel primo caso, è minore della perdita che fa nel secondo, e che le variazioni sono più grandi nelle calamite ossidate, che in quelle pulite. Infatti in sessanta esperimenti e più l' accrescimento di forza fu di una, due, tre e tre quarti di oncia, mentre la diminuzione nei casi corrispondenti fu di once tre e mezzo, di cinque, e di cinque e mezzo.

Io ho veduto che le calamite ossidate acquistano una energia doppia di quella che avevano dapprincipio; il che non ebbe luogo per quelle che avevano una superficie pulita.

Ma un fatto che mi ha sommamente sorpreso, e del quale io tuttora ne dubiterei se io non l' avessi più volte riprodotto in presenza di persone intelligenti, si è che, ne' giorni in cui il sole era lievemente coperto di un velo ineguale, il polo sud, sottoposto all' azione della luce solare concentrata, manifestava un aumento di energia, mentre il polo nord dispiegava una diminuzione. Del che io veniva assicurato da questo, che nel primo caso la magnete poteva reggere un peso maggiore, e nel secondo il sostenuto peso cadeva. In un giorno in cui l'atmosfera fu limpidissima per due ore e mezzo, e poi si coperse di un lieve velo, dovetti convincermi delle due suddette leggi; nello stato di cielo limpidissimo concentrando la luce sul polo nord, ebbi incremento di forza nella magnete, e in quello velato rinvigorimento dirigendo la luce sul polo sud. Questa opposta azione della luce in mia sentenza pare si derivi dalla polarizzazione, secondo che pensano *Brewster* ed *Arago* intorno al paraselene.

Ma prima di quest' epoca io avea gia determinato le circostanze di facile e di difficile magnetizzazione. Le mie esperienze furono fatte nel 1828 a Pavia, e

nel 1829 nel maggio di detto anno pubblicate nella *Biblioteca Universale di Ginevra*. I risultamenti che n' ebbi furono i seguenti:

1.° Collocato un filo di ferro dolce ben terso, della lunghezza di quattro pollici e del diametro di un quarto di linea, nel raggio violetto con una sola estremità, dopo cinque minuti ritrovai che avea acquistato, nella parte immersa nel raggio violetto, il polo nord. Dopo otto minuti, sottoposto un tal filo all' azione di un ago magnetico, manifestò i poli distinti.

2.° Disposti con una estremità due fili di ferro dolce delle dimensioni del precedente e ben lucidi all' azione della luce bianca, dopo alcuni minuti ritrovai che le estremità immerse nel raggio violetto avevano acquistato il polo nord, ma in grado debole, e dopo alcuni minuti svanì. Si noti che nelle descritte esperienze si ebbe tutta l'attenzion di vedere che i fili suddetti non avessero magnetismo sensibile.

3.° Il raggio violetto invertì i poli di un filo di ferro dolce che li aveva ben pronunciati, e di un altro, che manifestava da ambe le estremità una debolissima ripulsione al polo di una calamita, fece sviluppare i poli distintamente nell' intervallo di sei a sette minuti, colla legge notata negli esperimenti antecedenti.

4.° Collocato un ago calamitato nel raggio rosso, giallo, arancio, verde con una estremità, e notati i suoi poli e l' energia, dopo sei in sette minuti non ho trovato alterazione di sorta, e niuno effetto ottenni anche con un ago che non aveva magnetismo sensibile.

5.° Di un filo di ferro dolce coperto di uno strato di ossido che era ben magnetizzato in tre minuti esposto al raggio violetto, il polo sud si tramutò in nord.

6.° Un filo di ferro dolce lucido magnetizzato impiegò dieci minuti per avere d' ambe le estremità

il polo nord, che erano state immerse nel raggio violetto.

7.° Un filo di ferro dolce ossidato impiegò per l' istesso effetto cinque minuti.

Da queste esperienze, che più volte replicate diedero effetti costanti, è riconfermata la facoltà magnetizzante del raggio violetto; ma io non debbo dissimulare che nell' esperimentare ho trovate difficoltà indeclinabili, le quali mi hanno messo in istato di potere almeno intravedere alcune delle cause per le quali alcuni fisici hanno inutilmente sperimentato. Io non riporterò qui i singoli fatti che mi hanno guidato a dei risultamenti generali, sì perchè troppo lunga cosa sarebbe annôverarli ad ad uno ad uno, sì perchè da una tale numerazione non ne emergerebbe alcun bene alla scienza. Queste sono le massime che da' miei esperimenti ho raccolte: 1.° I fili di ferro appartenenti a miniere sulfuree non si possono magnetizzare, così pure il ferro che ha avuta una forte tempera, al quale talvolta però mi venne fatto di far acquistare qualche lieve grado di magnetismo; 2.° A basse temperature, come a — 6°, a 0° + 10°, non si ha magnetizzazione se non equivoca, e inutilmente si tenta di far invertere i poli a fili magnetici, come nell' inverno del 1829 con una serie lunghissima di esperienze me ne sono convinto. Ecco perchè la signora *Sommerville*, esperimentando a + 20° circa ed io a + 25° e 26° R. nei mesi di giugno e di luglio dell' anno 1828, potemmo avere risultamenti evidenti; 3.° I fili un po' grossi presentano delle difficoltà alla loro non equivoca magnetizzazione; 4° Facendo scorrere il raggio violetto, però non concentrato, dalla metà all' estremità di un ago, non ebbi che effetti deboli, incerti, ed anche nulli. Ma tali risultamenti si derivarono piuttosto da circostanze inerenti alla natura del filo cimentato?

Nel 26 agosto del 1829 il signor *Filippo Cassola*, professore di chimica a Napoli, lesse a quella

Reale Accademia delle Scienze una Memoria sui raggi magnetici della luce. Egli procedette a questo modo ne' suoi esperimenti. Pose a terra un prisma montato sopra una piccola colonna di legno rimpetto al sole, che entrava in una stanza da una finestra, e sul raggio violetto dello spettro, formato in una parte ove non giungeva la luce del sole, pose diversi aghi sopra una pezzolina di cotone tinta in violetto mediante una soluzione alcoolica di orcanet comune, applicata sulla stessa pezzolina, dopo averla prima bagnata in una soluzione di potassa caustica, e diresse con una lente ordinaria di camera oscura, convesso-convessa, un fascio di luce concentrata sugli stessi aghi, facendo però in modo che l' intensità del calorico prodotto non avesse a bruciare la suddetta pezzolina; ciò che potè facilmente evitarsi col non fissar la piena luce concentrata in un punto, ma facendola percorrere lungo gli aghi suddetti; dopo cinque minuti trovò gli aghi magnetizzati già abbastanza. Lo stesso sperimento fu rinnovato nel modo seguente: pose un piccolo ago sopra un pezzo di vetro violetto, che aveva la *spessezza* di un terzo di pollice circa, e senza adoperare il prisma vi diresse allo stesso modo colla lente un fascio di luce bianca concentrata; non erano scorsi che soli quattro minuti, e l' ago era già magnetizzato. Gli stessi esperimenti ripetuti al modo della sig. *Sommerville* producevano presso a poco i medesimi effetti, ma in un modo quasi insensibile: debbo però dire che gli aghi furono lasciati per quindici a diciotto minuti solamente nel raggio violetto; ma non dubita l' autore che gli effetti debbano essere più sensibili allorchè vi si terranno per un tempo più prolungato. E siccome il suo scopo era quello di confermare una scoperta di un illustre Italiano che ha tanto contribuito al progresso delle scienze fisico-chimiche, e che veniva posto in dubbio da celebri fisici di Europa, i quali non avevano ottenuto alcun positivo risultamento, così non molto si curò di

eseguire questi con maggiore esattezza. Niuna cautela fu ommessa nei nuovi esperimenti. Gli aghi erano piccoli; furono saggiati prima dello sperimento, onde conoscere se mai si trovassero magnetizzati. La limatura di ferro fu preparata al momento coll' uso di un chiodo ordinario di ferro dolce e di una lima quasi fina, onde proporzionare il peso delle melecole del ferro colla tenue quantità di fluido magnetico che acquistavano gli aghi; e gli esperimenti si facevano dalle ore undici della mattina all' una pomeridiana.

Dopo tutto questo dirò che per confutare quanto dai signori *Ries* e *Moser* nel novembre del 1829 negli *Annali di chimica e fisica di Parigi* mi indussi a rinnovare nel 1830 le mie esperienze magnetiche alla presenza del signor professore di fisica abate *Zamboni* e del signor professor di filosofia abate *Rivato* nel gabinetto di fisica dell' I. R. Liceo di Verona; e mentre alla temperatura di + 21 R. (si noti che l' atmosfera era un po' vaporosa) apparve qualche fenomeno di magnetizzazione, che distolse il signor professore *Zamboni* da quella ferma credenza che avea nel niun riuscimento di tali effetti; avendo poi rinnovate le esperienze a + 25° R. i fenomeni magnetici si dispiegarono così chiari ed aperti, che niuno degli astanti potè più dubitare della realtà dei risultamenti. Questi stessi esperimenti furono da me rinnovati in Milano nel 1838 mentre era la temperatura dai + 20° ai + 26° R., con eguali felici risultamenti. Anche il sig. *Knox* lesse alla Reale Accademia Irlandese nel 1840 una giustificazione delle esperienze della signora *Sommerville* sulla facoltà magnetizzante dei raggi più rifrangibili dello spettro solare. Egli afferma aver ripetuto gli esperimenti con buon successo. Ultimamente il signor *De Moleyns*, ottenne la magnetizzazione perfino collo spettro lunare.

SEZIONE SETTIMA

§ 142. *Dell' Elettro-elettrico-dinamico.*

Per elettro-elettrico-dinamico intendo una corrente elettrica sviluppata per influenza di un altra corrente. Questa può esser Voltaica, di attrito e termica ecc.; e perciò quella sviluppata per influenza si dice, di *induzione Volta-elettrica*, *di induzione leido-elettrica*, *di induzione termo-elettrica* ecc. Di ciascuna dirò partitamente, e porrò fine alla Sezione con la teoria dell' induzione dinamica.

CAPO I.

§ 143. *Dell' Induzione Volta-Elettrica.*

Questo capo viene in tre Articoli diviso: tratta il primo dell' induzione che si manifesta in un filo distinto dall' inducente; e nel secondo di quella, che nasce nel medesimo filo percorso dalla corrente; e nel terzo dall' influenza reciproca fra due correnti elettriche.

ARTICOLO I.

§ 144. *Della Induzione Volta-Elettrica in un filo distinto dall' inducente.*

Faraday nel 1831 ebbe a scoprire che una corrente Voltaica, che attraversa un filo metallico produce un' altra corrente in un filo che ne sia vicino; che questa seconda corrente è in una direzione contraria alla prima e che non dura che un solo momento; che se si allontana la corrente produttrice si manifesta sul filo sottoposto alla di lei

azione una seconda corrente contraria a quella che vi si eccitò da principio, vale a dire nella direzione medesima della corrente produttrice. Se in luogo di allontanare e di avvicinare il filo indotto dall' inducente, si chiuda il circolo, e poi lo si apra, vide egli avvenire lo stesso.

Ampère e Simon ottennero queste correnti indotte introducendo in una spirale comunicante col galvanometro un' altra spirale animata continuamente dalla Pila. Hanno essi osservato, conformemente a *Faraday*, che la corrente istantanea eccitata dalla corrente continua nell' introduzione era in senso contrario di questa, e nella estrazione era nel medesimo senso, e portando rapidamente al centro della spirale la parte media dell' altra spirale animata dalla Pila, ebbero una deviazione nel galvanometro molto più forte che portandovi la sola metà. Debbo però avvertire, che l' induzione è massima, allorchè il filo indotto è parallelo all' inducente, e che a mano a mano che forma angolo con questo, s' infievolisce e riesce insensibile quando il filo indotto fa angolo retto col filo inducente.

Henry de Princeton nelle sue ricerche sulle induzioni, che recò a fine nel 1840, potè assicurarsi che una corrente originaria può produrre correnti secondarie di varj ordini, Egli distinse ancora le correnti indotte di *intensità* dalle correnti indotte di *quantità:* le prime sono essenzialmente dovute alla lunghezza del filo dell' elica indotta, e si manifestano precipuamente cogli effetti fisiologici; le seconde hanno luogo in fili men lunghi e di un diametro maggiore, e si manifestano a preferenza con effetti magnetici. Egli ha dimostrato che combinando convenientemente le eliche le une colle altre, si può avere da una corrente di intensità, altra d' intensità o di quantità; e viceversa da una corrente di quantità, una di intensità o di quantità. La corrente di intensità ei la paragonò a quella prodotta

da una Pila di più coppie, e quella di quantità ad una corrente prodotta da una sola coppia.

La direzione delle correnti indotte determinata da *Henry*, fu confermata dalle esperienze del professore *Abria*, il quale distinguendo i fenomeni che avvengono all' aprirsi del circolo da quelli che si manifestano al chiudersi del medesimo, li ha disposti nelle seguenti due serie:

a) all' aprirsi del circolo della corrente originaria.

Corrente originaria . . . . . . +
Corrente indotta di primo ordine. +
Corrente indotta di secondo ordine. —
Corrente indotta di terzo ordine . +

b) al chiudersi del circolo della corrente originaria.

Corrente originaria . . . . . . +
Corrente indotta di primo ordine. —
Corrente indotta di secondo ordine. +
Corrente indotta di terzo ordine . —

Abria spinse innanzi le proprie esperienze fino alle correnti indotte di sesto ordine; e conobbe che un circuito collocato in vicinanza dell' inducente, non esercita alcuna reazione allorchè è aperto.

Ciò viene pure confermato da *Elia Wartmann*, il quale di più osservò, che fra i due limiti del circuito aperto e del circuito perfettamente chiuso col mezzo di fili corti, grossi e buoni conduttori, vi ha una infinità di gradi intermedj, ai quali rispondono delle scintille più o meno brillanti; scintille ch' egli pure considera come un effetto della combustione e volatizzazione delle gocciole di mercurio. A circuito perfettamente chiuso vide le scintille notabilmente diminuite ed anche estinte del tutto; io però nelle mie esperienze non ottenni che la diminuzione.

Henry poi determinò l' influenza del numero degli

elementi dell' elettromotore, delle lamine interposte fra la spirale indotta ed inducente, ecc., delle quali cose ora diremo.

Rispetto al numero degli elementi, il Fisico Americano scoperse, che con un solo elemento la scossa prodotta dalla corrente indotta era fortissima al momento in cui il circuito induttore era rotto; debolissima quando si chiudeva; che con due elementi la seconda scossa fu un poco aumentata, con tre ancora più; mentre che la prima scossa, cioè quella al rompersi del circuito, restava la stessa. Con dieci elementi le scosse prodotte dalla corrente indotta erano pressochè uguali al chiudersi e all' aprirsi del circolo; ed aumentando ancora il numero degli elementi pervenne ad avere la scossa più viva al chiudersi, che all' aprirsi del circolo.

In ordine all' interposizione delle lamine il *Faraday* aveva annunziato, che una sostanza qualunque isolante o conduttrice frapposta fra l' induttore e l' indotto, non esercita alcuna influenza; al contrario *Henry* in una sua Memoria antecedentemente presentata alla Società Filosofica Americana, riferì che l' interposizione di una lastra metallica aboliva quasi per intero la scossa prodotta dalla corrente indotta; ma pare che i due fisici abbiano sperimentato in circostanze diverse.

Egli infatti vide che sulle correnti indotte originate dal movimento, avvicinando cioè o allontando un' elica da una lastra magnetica, o da un' altra elica percorsa da una corrente, niuna influenza esercita sul moltiplicatore una lastra di rame interposta, e neppure una spirale piatta. Il moltiplicatore dinamico posto in comunicazione coll'elica indotta era sempre ugualmente deviato, vi fosse o non vi fosse frapposta la lastra o la spirale piatta chiusa od aperta.

Con le correnti indotte da questa specie, cioè per mezzo del moto di un'elica non si ottengono scosse, benchè abbiano una durata apprezzabile; ma l' au-

tore dice, che hanno debole intensità. Al contrario danno le scosse correnti indotte col chiudere od aprire il circuito Voltaico, le quali hanno brevissima durata e grande intensità.

Vi sono dunque due specie d' induzione elettro-dinamica, l' una prodotta col chiudere o aprire il circuito Voltiano; l' altra coll' avvicinare o allontanare il circuito inducente dall'indotto. La prima può essere neutralizzata coll' interposizione di lastre metalliche, non così la seconda.

Studiando di nuovo col moltiplicatore i fenomeni d'induzione prodotti all'aprire e al chiudere del circuito Voltaico, ebbe a scoprire i seguenti fenomeni:

In una esperienza di corrente indotta al chiudersi del circuito della corrente originaria, la contrazione fu appena sensibile alle dita, e all' aprirsi fu così forte da risentirsi nel ventre. Eppure il moltiplicatore in tutti e due i casi deviò di 35°.

Una spirale magnetizzante ed il galvanometro furono introdotti insieme nel circuito dell' elica, che doveva soffrire l' induzione. Chiudendo il circuito Voltaico, l'ago nella spirale non mostrò alcun segno di magnetismo; aprendosi il circuito lo stesso ago si trovò fortemente magnetizzato. Eppure il moltiplicatore segnò trenta gradi tanto al chiudersi, che all' apririsi del circuito Voltiano.

Simili risultamenti furono ottenuti disponendo gli apparecchi in modo, che le scosse prodotte dall' induzione al chiudersi del circolo fossero predominanti. Il moltiplicatore deviava presso a poco ugualmente al chiudersi e all' aprirsi del circolo.

Differenze analoghe si trovarono istudiando coi medesimi procedimenti l' azione neutralizzante delle lastre metalliche interposte.

Si fece passare per la spirale induttrice una corrente di 10 elementi; e nel circuito dell'elica indotta fu introdotto il moltiplicatore ed una spirale magnetizzante. La interposizione di una lastra di zinco fra la spirale induttrice e l' elica indotta non alterava

le deviazioni dell'ago del moltiplicatore, mentre diminuiva l'azione magnetizzante sull'ago o temperato o di ferro dolce, entro alla spirale.

Sostituendo alla lamina di zinco una di ferro di fusione della stessa superficie e grossezza di un pollice, l'azione della corrente indotta sul moltiplicatore fu diminuita, e quella sopra l'ago nella spirale annullata.

Furono introdotti nel circuito dell'elica indotta, il moltiplicatore, la spirale magnetizzante e una goccia d'acqua distillata. Il potere magnetizzante della spirale fu lo stesso come senz'acqua, ma la deviazione del galvanometro fu ridotta da 10° a 4°.

Introdotto nel circuito il corpo, umano, le scosse furono aspre, l'ago restò fortemente calamitato, ma l'ago del galvanometro fu meno deviato di prima.

L'autore conchiude, che la corrente secondaria o indotta, quando la corrente Voltaica incomincia e finisce improvvisamente, consiste in due parti che hanno proprietà differenti.

Una parte di debole intensità può essere interrotta da un circuito di acqua, non può magnetizzare aghi di acciajo temperato, e non è indebolita per interposizione di lastre metalliche fra i conduttori, eccettuate quelle di ferro.

L'altra parte d'intensità considerabile non è interrotta dall'acqua, sviluppa il magnetismo in aghi temperati, ed è indebolita e neutralizzata dalla interposizione di lastre metalliche e di spirali chiuse. Le correnti indotte avvicinando o allontanando un conduttore dalla corrente di una batteria voltiana, sono della prima specie.

Ma questa parte ipotetica ed oscura sembra di troppo precoce; perchè altri potrebbe dire, che a tempi uguali alcuni fenomeni sono più in relazione con la tensione, che con la quantità elettrica, come mi parve poter raccogliere da alcune esperienze; e che altri ancora sono in relazione con lo stato magnetico del conduttore.

In quanto alla direzione della corrente, le indicazioni reometiche furono sempre d'accordo con quelle della spirale magnetizzante; esse non ne diversificarono che nella intensità.

Nella pubblica seduta dell' I. R. Istituto Veneto 26 luglio 1840, io lessi una *Memoria* sull' azione reciproca delle correnti elettriche Voltiane, nella quale verificai le leggi che agguardano la direzione, la superficie inducente ed indotta, e la distanza.

L'apparato del quale mi valsi è un induzionometro di mia costruzione. Sopra una base (*Fig.* 74) della lunghezza di 44 centimetri e della larghezza di 18 centimetri, collocai verticalmente due isolatori alti 30 centimetri, alla sommità dei quali sono fermi due cilindri cavi di ottone del diametro di due centimetri e della lunghezza di 4, ciascuno de' quali è conterminato da due dischi parimente di ottone del diametro di 10 centimetri. Essi possono essere avvicinati fino al perfetto combaciamento ed allontanati, e sulla base avvi descritta una scala, che nota quanta sia la distanza che li separa. D' intorno ad uno dei cilindri con due fili di rame isolati, ciascuno della lunghezza di 50 metri e grosso un millimetro scarso, formai una spirale da destra a sinistra. Essi fili adunque erano vicinissimi e paralleli. D' intorno al secondo cilindro, con due fili delle stesse dimensioni formai due spirali l' una sovrapposta all' altra. In ciascuno dei sostegni delle spirali vi sono quattro vaschette ripiene di mercurio, nelle quali si fanno pescare le estremità metalliche ben ravvivate delle spirali, e coi reofori di uno o più apparati Voltiani si possono praticare que' diversi congiungimenti che sono richiesti dall' esperimento.

In mezzo della base avvi un terzo isolatore portante un segmento di circolo con una gola per ricevere dei dischi di vetro, di zolfo, di legno, di ottone, di ferro che possano tener luogo di quello strato di aria, che in alcune esperienze separa le due spirali.

In quanto alla direzione ho trovata costante la legge di *Faraday*, cioè *al chiudersi del circolo la corrente indotta di primo ordine ha una direzione opposta all'inducente, e all' aprirsi del circolo una direzione cospirante all' inducente.*

Questa legge fu verificata con elettromotori semplici e composti, di grande e di piccola superficie, con deboli chimiche azioni e con energiche, ossia, con effervescenza e furia di moto nel liquido: fu ripetuta con spirali piane bene isolate, che collocava a piacimento a varie distanze. Allo stesso risultamento pervenne ancora il *Matteucci.*

In quanto alla superficie inducente ed indotta, io dedussi da' miei esperimenti che *l' attuazione segue la ragione semplice delle due superficie attuante ed attuata.* Nelle esperienze la corrente Voltaica percorreva ora un solo filo inducente ed ora entrambi, ed il galvanometro comunicava ora con un solo filo indotto, ed ora con tutti e due. A questa legge pervenne pure *Abria*: ella aumenta col diametro dei fili impiegati, e allorchè sono disposti in spirale, segue il rapporto dei numeri dei giri della spirale induttrice ed indotta: in modo ch' ella è sensibilmente indipendente dalla lunghezza assoluta di ciascuno dei due circuiti, allorchè sono ugualmente lunghi. Nel 1841 si valse del metodo della magnetizzazione, e nel 1842 di quello del galvanometro; e con entrambi comprovò che, a cose uguali, l'intensità della corrente indotta varia proporzionalmente alla conducibilità del filo indotto.

Rispetto alla distanza della spirale indotta dall'inducente, mi sembra che l' intensità decresca nella ragione semplice delle distanze prossimamente. Valgono a prova di questa proposizione i seguenti esperimenti:

In una prima serie le spirali furono successivamente portate alla distanza di linee 47, 23, 6, e le deviazioni dell' ago galvanometrico furono espresse da 12°, 23°, 98° prossimamente. In una seconda se-

rie le distanze furono 6, 12, 18, 24, e le declinazioni furono rappresentate da 6°, 3°, 2°, 1 1/4°. In una terza serie le distanze furono 12, 24, 36 e le declinazioni 3°, 1 1/2° 3/4 all' incirca. In una quarta serie le distanze erano prossimamente 3, 6, 9 e le declinazioni furono 12°, 6°, 4°, prossimamente.

A questo medesimo risultamento pervenne ancora il sig. *Abria*, il quale scrisse che il decrescimento è men rapido di quello che porterebbe la legge della ragione inversa della semplice distanza. Questa legge fu perfettamente trovata esatta da *Riess* col metodo della calorificazione: l'intensità, egli dice, della corrente secondaria eccitata nel filo congiuntivo rettilineo in un filo parallelo è in ragione inversa della distanza degli assi dei fili, purchè non si prenda la distanza di troppo piccola. Egli è probabile, osserva *De la Rive*, che nell'influenza della distanza avvenga quello che si osserva intorno all'influenza dell'azione reciproca di due correnti di una grandezza finita. Si sa che ammettendo la legge dell'inversa del quadrato della distanza, si arriva a quella della semplice distanza per l' azione scambievole di un semplice elemento e di una corrente indefinita; ma egli è impossibile di trovare una legge relativa alla distanza per l'azione scambievole di due correnti di grandezza finita. Pare che la cosa stia ugualmente ancora qui; e che la legge dell' inversa della distanza al di là di certi limiti appartenga a questo sistema, in cui la corrente indotta si può risguardare come infinitamente piccola rapporto all' altra. Finalmente non debbo dimenticare, che secondo le interessanti esperienze di *Elia Wartmann*, per *le lunghezze di filo addizionale cresciute in progressione geometrica, le differenze d'intensità della corrente indotta, misurata col reometro, decrescono secondo una progressione aritmetica, al chiudersi ed all' aprirsi del circolo inducente; e che questa progressione varia con la natura e dimensioni del filo addizionale.*

ARTICOLO II.

§ 145. *Dell' Induzione della corrente Voltiana sopra sè stessa.*

Egli è noto a' fisici, che allorquando si riuniscono i due poli di una Pila composta di un piccolo numero di coppie, con un conduttore metallico corto, non si ha che una debole scintilla all'atto dell'interrompimento del circolo, e una debole scosserella, se il corpo è collocato nel circuito. Questi due effetti s'indeboliscono ancora viemmaggiormente, se il conduttore si allunga e rimane sviluppato; e per converso i due notati fenomeni si rinvigoriscono formando del filo una spirale a spire assai vicine ed isolate fra di loro; gli effetti riescono vie più vigorosi introducendo nella spirale una verga di ferro dolce.

La virtù delle spirali fu in Italia avvertita dal *Nobili* e dall'*Antinori* in Firenze, e dal prof. *Henry* a Filadelfia. Appresso questo argomento venne istudiato dal *Jenkins*, dal *Magrini*, *Dal Negro* e *Faraday*. Il *Faraday* però fino dall' anno 1831 nella Memoria sull' induzione elettrica della corrente Voltiana sopra sè stessa, disse che non vi sono motivi per credere che l'azione induttiva esercitata da una corrente sopra un filo metallico vicino, non sia dalla medesima esercitata ancora, ossia esercitata in minor grado sul di lei proprio filo; e che al contrario si dee ritenere, che simile azione sia in questo caso più forte, poichè la distanza è molto più piccola che nell'altro. Ma in quanto agli esperimenti fu prevenuto dai ricordati fisici; il *Nobili* e l' *Antinori*, come dicemmo, notarono lo scintillamento distintissimo a circuito lungo piegato in elica; il *Jenkins* avverti ancora la scossa rinvigorita dal magnetismo di un cilindro di ferro dolce inserito nella spirale; e il *Magrini* confrontò il vigore delle scintille, che

aveva con le semplici spirali e con le spirali portanti nel loro seno un cilindro di ferro dolce.

Ma per qual ragione i notati effetti si rinvigoriscono!

Nella teorica italiana, dice il *Nobili*, di un solo fluido elettrico, questo fluido gira sopra i circuiti Voltaici a modo di qualunque circolazione che rientri in sè stessa, e quando gli si tronca tutto ad un tratto il cammino, il fluido che era in giro si condensa sul luogo della interruzione e sbocca fuori nella sua forma ordinaria di scintilla. Fissiamo le idee sovra un solo elemento Voltaico composto al solito di due lamine *rame* e *zinco*, congiunte al di fuori del liquido in cui pescano, con un filo di metallo; egli è di qui che si trae la scintilla quando s' interrompe il circuito col separare in due la via del filo congiuntivo. Supponiamo che questo filo sia da principio lungo un metro, indi due, tre, quattro... Coll' allungar questo filo già si sa dalle misure galvanometriche l'effetto che ne nasce ordinariamente: consiste questo in una leggiera diminuzione di corrente. Senza dubbio sopra fili molto sottili questa perdita non è tanto leggiera, e merita d'essere valutata; ma sopra fili di maggior grossezza si riduce a molto meno, e può dentro certi limiti trascurarsi impunemente. Si trovi il nostro elemento in questa condizione; ed il filo congiuntivo, breve o lungo che sia, si vedrà trascorso in ogni suo punto dalla stessa quantità di corrente. Non è questo il luogo di ricercare come la medesima sorgente di elettricità voltaica possa mantenere una corrente eguale o presso che eguale sopra un lungo come sopra un breve circuito, ma lo è bene per riflettere che, se la corrente di un lungo circuito è in ogni suo punto efficace come quella di un più breve, si dovrà nell' interruzione del primo circuito ottenere una scintilla più forte che nell' interruzione del secondo, per l' evidente ragione che il condensamento di fluido, da cui nasce la scintilla, è operato nel lungo circuito da una

massa di elettricità maggiore di quella che circola sopra il più ristretto.

In questa spiegazione si suppone che la condizione dalla quale dipende quasi tutta l'efficacia del condensatore, consista nella lunghezza del filo impiegato alla sua costruzione; ma l'esperienza comprova, che la semplice lunghezza del filo nuoce alla scintilla ed alla scossa: nella forma adunque convien rintracciare la cagione del rinvigorimento della scintilla e della scossa; e questa parmi sia stata prima d'ogn'altro notata da *Henry*, il quale ammise nelle spirali una reazione dell'elettrico sopra sè stesso, in virtù della quale si rinforzano la scossa e la scintilla, sebbene i fenomeni galvanometrici si infievoliscano. Si ritrova, dice il *Nobili*, che un elemento della forza per esempio di 50 non dà la scintilla a circuito breve e la dà distintissima a circuito lungo, quantunque per questa lunghezza la corrente di 50° discenda ai 45° od anche ai 40°. Adunque vi è infievolimento e pregiudizio dei fenomeni reometrici, che durano per tutto quel tempo che rimane chiuso il circolo, e rinvigorimento di quelli che nascono al chiudersi ed all'aprirsi del circolo, ossia al principio e alla fine della corrente elettrica. Ma in che consiste la reazione elettrica ammessa da *Henry*? Secondo *Becquerel* non è che l'induzione della corrente elettrica sopra sè stessa; induzione che secondo *Faraday*, opera in direzione normale alla corrente originaria.

Finalmente il *Dal Negro* avverte che la spirale avvolta alla calamita temporaria, fa le veci del condensatore elettro-dinamico del *Nobili*, e in oltre che la scintilla che si trae da essa è la risultante di due scintille che si manifestano nello stesso istante che si smagnetizza il ferro dolce componente la calamita temporaria, l'una cioè dovuta alla corrente della Pila, l'altra d'induzione dovuta al magnetismo evanescente: ma di ciò diremo alla Sezione del Magneto-Elettrico.

ARTICOLO III.

§ 146. *Dell' influenza reciproca di due correnti elettriche Voltiane.*

L' influenza reciproca di due correnti elettriche venne da me istudiata in due casi, cioè dirette in un medesimo filo e in fili isolati vicinissimi: io ne dirò e dell' uno e dell' altro separatamente (1).

Fino dal 18 maggio 1829 io proponeva all'illustre signor professore *A. De la Rive* il quesito diretto a determinare l' azione reciproca di due correnti incanalate nel medesimo conduttore; ed egli con sua lettera del 15 ottobre dello stesso anno mi rendeva conto di quanto era stato fatto da suo padre e da lui, ma dicevami che tutto era riuscito inutilmente; e mi confortava tuttavia a trovar modo di sciogliere il proposto quesito ed a significargli le mie idee ed i risultamenti ai quali per avventura fossi pervenuto. Dopo una lunga serie di tentativi e di esperienze io giunsi a determinare l' azione reciproca di due correnti incanalate nel medesimo filo, l' una però di elettricità condotta e l'altra di elettricità indotta; e secondo che le correnti procedevano nel medesimo senso o in contrario, al galvanometro si avevano deviazioni maggiori o minori, anzi talora nell' ago ebbi lo stato di equilibrio.

Per rilevare l'azione reciproca delle correnti elettriche dirette in fili isolati vicinissimi, io mi valsi del mio induzionometro dinamico, che superiormente ho indicato alla Figura 74. Compiuto il circolo con

(1) *Bibl. Univ. T. XXIV*, *pag.* 383, *an.* 1839; *Atti dell'I. R. Istituto Veneto* 1840; *Dell' azione reciproca di due correnti elettriche in un medesimo filo e in fili isolati vicinissimi, ecc. del Membro effettivo prof. Zantedeschi.*

un elettromotore semplice a forza costante e i capi di un filo dell'induzionometro, osservai la grandezza e la vivacità della scintilla nell' atto di estrarre un capo del filo dal bagno di mercurio. Il circuito del filo vicinissimo indotto era aperto: appresso lo chiusi, e rinnovai l' esperienza di prima; e la scintilla apparve molto diminuita, ma non però estinta; allora feci comunicare col filo indotto i poli di un secondo elettromotore semplice, uguale perfettamente al precedente, le due correnti ora camminavano nel medesimo senso ed ora nell' opposto.

Rinnovando l'interruzione del primo circuito, mentre il secondo rimaneva chiuso, io vidi che la scintilla era appena percettibile, nel caso che le due correnti fossero dirette nel medesimo senso; e non potei avere traccia alcuna di scintilla, anche nel buio il più perfetto, allorchè le due correnti camminavano in senso opposto.

Il primo di questi tre fatti è una riprova di quanto ebbe ad osservare *Masson* contro di *Faraday*, e ripeter si deve dalla reazione o dalla corrente secondaria sulla originaria, come avvisò precipuamente *Magnus*. I due ultimi fatti poi io li ripeto da una azione laterale delle correnti elettriche, la quale si lega al fenomeno delle attrazioni e ripulsioni scoperto dal celebre *Ampère*. Anche *Elia Wartmann*, come mi ebbe a comunicare l' 8 settembre del 1844 in Venezia, con le correnti idro-elettriche giunse ai medesimi risultati che ho di sopra descritti; egli però li ripete dalla stessa Pila che fa ufficio di conduttore imperfetto nel circuito indotto: ma tuttavia rimarrebbe a conoscersi la ragione del completo estinguimento della scintilla, allorchè le due correnti camminano in senso opposto. Egli mi assicurò che con le correnti termo-elettriche di Pile ampie, questa differenza svanisce; ma io non amo di prevenire le sue pubblicazioni: noterò in quella vece che egli non vide differenza alcuna nella quantità di gas ottenuta in unità di tempo. Erano precisamente le

stesse, allorchè il filo indotto era percorso da una corrente comunque diretta, o si ritrovava nello stato di semplice influenza.

CAPO SECONDO

§ 147. *Delle induzioni dinamiche leido-elettriche.*

I fisici guidati dalle vedute speculative dell'inglese *Faraday*, prima del 1834 avvisavano comunemente non potersi avere le correnti d'induzione dalle originarie d'attrito, perchè per la quasi simultaneità del principio e della fine della corrente originaria detta *istantanea*, le due opposte d'induzione dovevano o distruggersi intieramente o tanto da non potersene cogliere traccia sensibile coi nostri istrumenti anche i più delicati.

A questa epoca *Masson*, professore di fisica nel Collegio di Caen, ebbe il fenomeno della magnetizzazione con la corrente indotta da quella di attrito, ma egli si limitò a dirigere alla Reale Accademia delle Scienze di Francia una lettera, la quale fino al 1840, per sentenza dei signori Direttori degli Annali di Chimica e di Fisica di Parigi, non ricevette quella pubblicità che si conveniva dare a questo nuovo esperimento. Pare non siasi prestata fede alla realtà di un tale risultamento. Io esporrò brevemente quanto è stato fatto in questo argomento da' fisici.

§ 148. *Delle esperienze di Marianini.*

Nel 1838 il mio predecessore cav. *Stefano Marianini*, attuale professore di Fisica nella R. Università di Modena, non consapevole di quanto era stato annunziato alla R. Accademia delle Scienze dell'Istituto di Francia, pubblicò che la corrente prodotta dalla scarica della bottiglia di Leida ha virtù di risvegliare altra per attuazione o per induzione, ch'egli chiamò corrente indotta *leido-elettrica*. In due fascicoli delle

sue *Memorie* egli espose i risultamenti delle due esperienze instituite col suo re-elettrometro, i quali sono ridotti alle seguenti conclusioni:

1. La corrente istantanea della bottiglia di Leida o del quadro di *Jallabert* passando per un conduttore metallico eccita una corrente elettrica pure istantanea in altro conduttore metallico vicino ad esso e formante un circolo chiuso.

2. La stessa corrente indotta può eccitare in altro conduttore una corrente d'induzione e questa seconda un'altra: e così via via possono aversi correnti d'induzione leido-elettriche di secondo e terzo ordine.

3. L'induzione leido-elettrica ha luogo ancora quando il conduttore metallico attuato è chiuso da lunghissimo conduttore metallico, ed anco da conduttore non tutto metallico.

4. Ha pur luogo tale induzione quando la scarica della boccia di Leida attraversa oltre un conduttore metallico lunghissimo, anche un conduttore non metallico: nè manca di apparire il fenomeno quando non è l'identico fluido di una armatura che passa all'altra.

5. La corrente indotta ha nel conduttore attuato la stessa direzione che la corrente inducente ha nel conduttore attuante, ogni qualvolta la bottiglia ha molta capacità, e non è troppo debolmente carica. Ma quella direzione è opposta, quando la carica della bottiglia è assai debole, o l'elettrico deve passare per un cattivo conduttore, ovvero se la bottiglia ha poca capacità.

6. Si manifestano i fenomeni d'induzione quantunque il conduttore attuante o l'attuato non sia metallico.

7. Finalmente tali induzioni non sono esclusive delle bottiglie di Leida, o dei quadri di *Jallabert*, ma si ottengono pure con altre correnti elettriche istantanee.

Il *Marianini* notò parecchie circostanze, che possono concorrere a rendere vario l'effetto della at-

tuazione, e queste circostanze vennero da lui distribuite in due classi; perchè alcune influiscono solamente sulla intensità, ed altre sulla intensità e sulla direzione.

Tra le prime egli vide doversi annoverare:

1. *Le dimensioni de' conduttori attuante ed attuato.* Allorchè l' attuazione ha luogo per un breve tratto del conduttore attuato, debole è l'effetto. Il *Marianini* vide che applicando i capi del filo re-elettrometrico a due punti più o meno distanti fra di loro, i segni di corrente indotta cominciavano ad apparire quando il tratto di filo sottoposto all' attuazione era circa di un centimetro e mezzo, la distanza del filo attuante di due millimetri: allorchè il filo attuato era di tre centimetri, egli ottenne un grado di deviazione, la quale andò crescendo fino ai dieci gradi, quando il tratto di filo attuato fu di sei o sette decimetri, ma non crebbe di più crescendo maggiormente la lunghezza di quel filo che portò fino ad un metro. Lo stesso presso a poco ebbe ad osservare variando la lunghezza del tratto del filo attuante (*Fig.* 75).

2. *La distanza alla quale si trovano il filo attuante ed attuato.* L'intensità della corrente indotta s'infievolisce al crescersi della distanza. Egli vide manifestarsi con la deviazione di quasi un grado, la corrente indotta in un grosso filo metallico lungo un metro dalla scarica di una boccia di Leida, la quale scorreva un altro simile filo distante dal primo di ben ottanta centimetri e parallelo ad esso.

3. *La reciproca inclinazione del filo inducente ed indotto.* Il *Marianini* vide, che togliendo dal loro parallelismo i due fili, la corrente d'induzione s'indeboliva, e tanto più quanto l' angolo diveniva maggiore. Allorchè l'angolo fu di 60°, la deviazione cagionata nell' istrumento fu appena percettibile.

Fra le seconde annovera l'Autore la tensione alla quale si carica il coibente armato, la capacità del medesimo, e la qualità dei conduttori, che la scarica elettrica deve percorrere. Io non farò che registrare

le proposizioni più generali che il *Marianini* raccolse dalle sue esperienze.

1. Ritenendo costante la distanza tra il filo attuante e l'attuato, non che le altre circostanze che influiscono sulla induzione leido-elettrica, l'energia della corrente indotta varia, generalmente parlando, al variare della tensione.

2. La forza della corrente indotta sebbene il più delle volte cresca o scemi secondo ch'è più grande o più piccola la tensione, pure non è proporzionale alla tensione medesima.

3. Se la boccia di Leida ha poca capacità per quanto sia tenue la tensione, purchè sia sufficiente a produrre induzione sensibile, questa ha sempre nel filo attuato una direzione contraria a quella, che la corrente o scarica della boccia ha nel filo attuante.

4. Quando il coibente armato ha una discreta capacità, se è caricato a piccola tensione, produce una induzione, la quale nel filo attuato ha una direzione contraria a quella, che la corrente attuante ha nel filo attuante: ma per poco che si accresca la tensione, la direzione della corrente indotta s'inverte.

5. Se ritenendo costante la tensione, a cui si caricano i coibenti armati, si variano le capacità dei medesimi, variano le forze delle correnti indotte, ma non in ragione delle capacità. Dicasi lo stesso se i coibenti armati di differenti capacità vengono caricati con la stessa dose di elettrico.

6. Indebolendo gradatamente la facoltà conduttrice del conduttore attuante in qualunque modo ciò si consegua, si può sempre giungere al punto di ottenere con una boccia di Leida di mediocre e di grande capacità, e carica a mediocre o a grande tensione, una corrente d'induzione diretta nel medesimo senso di quella, che produce una boccia di capacità assai limitata.

Il *Marianini* guidato dalla analogia tra i fenomeni d'induzione leido-elettrica e Volta-elettrica e dalla autorita di altri fisici, ammise che la contraria di-

rezione della corrente indotta possa derivarsi dal prevalere ora l'invasione della corrente nel conduttore attuante, ed ora la cessazione della medesima.

Pare, egli dice, non essere nulla in contrario alla supposizione, che dal prevalere o l'invasione o la cessazione della corrente nel conduttore attuante provengano le contrarie induzioni, che si osservano. Ma tale cessazione di corrente non può certo per sè stessa essere cagione immediata di altra corrente in un conduttore vicino: essa può per altro dar luogo ad un riflusso di elettricità, o ad una corrente retrograda proveniente o dal fluido elettrico proprio del conduttore, il quale espulso dalla scarica del coibente armato, ripiglia al cessar di questa il suo luogo, o dalla elettricità stessa della corrente accumulatasi nel conduttore, la quale cessata la scarica, espandesi rapidamente all' indietro, ovvero per entrambe queste induzioni. L' induzione Volta-elettrica è sempre diretta in un senso al chiudersi del circuito, e nel senso opposto all' aprirlo, e si ha nel primo caso tutto l' effetto della corrente diretta, e nel secondo tutto quello della retrograda. Ma per la somma celerità con cui si succedono l' una all' altra le due correnti nella scarica delle bocce, l'induzione leido-elettrica è sempre la differenza tra l'effetto che produrrebbe da sè sola l' invasione e quello cui darebbe origine la cessazione. Che se si domandasse, per qual ragione in alcune circostanze prevalga l'invasione ed in altre la cessazione della corrente, io direi che prevale la invasione alla cessazione, o per dir meglio, la corrente invadente alla retrograda, quando la invasione è più rapida che non la cessazione, e prevale la retrograda all' invadente quando la invasione è meno rapida della cessazione della corrente. Così la rana galvanica quando si chiude lentamente il circuito non si scuote; ma non mancano le contrazioni, se poi si apre rapidamente, come non osservasi alcuna contrazione, quando si interrompe a poco a poco il circolo, benchè siasi

contratta nel momento che venne chiuso tutto ad un tratto.

Ma per poter determinare d' onde nasca che in alcune date circostanze si verifichino le condizioni qui supposte, perchè prevalga l' effetto della cessazione, io penso che sia d' uopo di uno studio più approfondito di quello che per me siasi potuto fare intorno alle circostanze che concorrono a rendere varia l'intensità e la direzione delle induzioni leido-elettriche.

Nel 1840 scrivendo il *Marianini* sull' azione magnetizzante delle correnti leido-elettriche, rigettò l' ammessa sentenza. A fine, egli dice, di spiegare in qualche modo come avvenga che l'induzione leido-elettrica abbia una direzione ora contraria ed ora analoga a quella della scarica del coibente armato io supposi che tali fenomeni derivassero dal prevalere ora l' invasione della corrente nel conduttore attuante, ora la cessazione della medesima. Ma tale ipotesi, che bene adattavasi ai fenomeni fino allora osservati, parve venir meno quando, avendo messo dell' acqua distillata a far parte del conduttore attuato, ottenni l'inversione stessa, che avevasi quando quell' acqua faceva parte del conduttore attuante.

Il signor professore *Cattaneo* distinguendo due tempi nella scarica della boccia di Leida, nel primo de'quali la velocità del flusso elettrico va crescendo, mentre nel secondo diminuisce, cerca tuttavia a questo modo di sostenere l' esposta sentenza. Noi possiamo stabilire che nell' atto in cui comincia la scarica della boccia determinansi entro alla massa del ferro delle correnti circolari, parallele fra loro ed opposte a quella che circola nelle varie eliche della spirale esteriore. Le quali correnti indotte durano pochi istanti, e danno poi luogo a correnti finali dirette omologamente a quella della boccia, nell' atto in che questa sta per terminare. Ora le correnti iniziali muovendosi nella massa del ferro cospirano (sebbene inverse) con quella della boccia

nel calamitare omologamente le molecole situate alla superficie, ed invece tendono ad imprimere un opposto magnetismo a quelle che stanno prossime all' asse: anzi a motivo della maggiore prossimità può darsi che ve lo comunichino. Scomposto pertanto il cilindro di ferro in altrettanti strati cilindrici concentrici, gli esterni offriranno il magnetismo conveniente alla corrente della boccia, gli interni potranno avere un' opposta polarità. Ma contrarj effetti convengono alle correnti finali che cospirano con quella della boccia per rispetto alle molecole interne del ferro e le sono contrarie rispetto alle esterne. Ora secondo che prevaleranno le iniziali o le finali correnti, si otterranno contrarj effetti risultanti, valevoli a render ragione di tutte le apparenze fornite dalla scarica della boccia.

§ 149. *Delle esperienze di Henry.*

Nel novembre del 1838 *Henry* a Nevv-Jersey negli Stati-Uniti incominciò le sue ricerche sulle induzioni leido-elettriche che recò a fine nel 1840. I risultamenti ai quali pervenne col metodo della magnetizzazione sono i seguenti:

1. La corrente leido-elettrica ha potenza d'indurre una corrente secondaria, e questa una di secondo ordine, e così successivamente, come abbiamo notato aver conseguito il *Marianini*.

2. Tutte le correnti di differenti ordini hanno la medesima direzione della corrente originaria, entro i limiti di una data distanza. Così collocando il conduttore in cui si aveva a sviluppare la corrente indotta ad $^1/_8$ di pollice di distanza, dal conduttore attraversato dalla corrente induttrice, non ebbe effetto di sorta, a una distanza maggiore la direzione della corrente indotta si ebbe a cangiare. La lunghezza del conduttore e la carica della bottiglia influiscono sulla distanza alla quale si cangia la direzione della corrente indotta, Questi risultamenti sono

al tutto analoghi a quelli che aveva ottenuto *Savary* nella magnetizzazione degli aghi di acciajo con le scariche delle bottiglie di Leida.

3. Le correnti di qualsivoglia ordine hanno egualmente la proprietà di cangiare la direzione delle correnti indotte in ordine ad una distanza.

4. L'interposizione di un disco metallico, di una spirale chiusa fra le due spirali inducente ed indotta, neutralizza gli effetti d'induzione. Questa neutralizzazione viene attribuita agli opposti effetti della corrente originaria attuante e della corrente attuata di primo ordine, che diviene inducente rispetto a quella di secondo ordine.

§ 150. *Delle esperienze di Riess.*

Nel mese di febbrajo del 1839 *Riess* pubblicò una Memoria sulle correnti indotte leido-elettriche, che rispetto alla direzione studiò col mezzo della magnetizzazione, e rispetto ad altri elementi col mezzo del calorico sviluppato dalla corrente, ammettendo questo principio, che la quantità del calorico sviluppato è proporzionale alla quantità di elettrico che passa per una data sezione del filo attuato, a circostanze perfettamente uguali. Dai proprj esperimenti l'Autore conchiude:

1. La corrente secondaria eccitata in un filo vicino e parallelo al filo attuante percorso dalla corrente leido-elettrica, è diretta nel medesimo senso della corrente prodotta dalla scarica della bottiglia.

L'Autore si guarda tuttavia dal venire a conclusioni generali per gli esperimenti del *Savary*, dai quali appare che la polarità di un ago calamitato dalla elettricità ordinaria, in alcuni casi non dimostra la direzione della scarica.

2. La quantità di elettrico che in un dato tempo si scarica attraverso il filo congiuntivo inducente, mette in movimento nel circuito indotto una quantità di elettrico proporzionale alla prima. Questa

quantità circola in un intervallo di tempo corrispondente a quello della scarica.

3. La quantità di elettrico sviluppato nel filo indotto è proporzionale, a cose uguali, alla lunghezza efficace del filo congiuntivo, rispetto però ad una data distanza riferita agli assi di questi fili, fatta astrazione dalla conducibilità del filo indotto.

4. L' intensità della corrente secondaria nel filo rettilineo parallelo all'inducente, è in ragione inversa della distanza degli assi de'fili, purchè non si prenda una distanza troppo piccola.

5. L' interposizione di un filo a capi liberi fra l'inducente e l'indotto, non altera la corrente secondaria; ma l' infievolisce allorchè forma un circuito chiuso.

6. Allorchè il filo inducente risveglia delle correnti indotte in due fili vicini, ciascuna di queste correnti è più debole di quella che avrebbe luogo se l' altra non esistesse.

7. Allorchè un filo inducente risveglia in un filo secondario e in una lamina delle correnti che agiscono l' una sull' altra, l' intensità della corrente nel filo secondario è in ragione inversa dello spessore della lamina, e, ciò che torna lo stesso, la somma degli effetti calorifici nelle due correnti è costante, qualunque sia la grossezza della lamina.

8. L'azione delle piastre intermedie sullo sviluppo della corrente secondaria è specificamente la stessa, che la materia delle piastre sia conduttrice dell' elettrico o no.

9. Alcuna parte del filo congiuntivo della batteria non agisce per influenza sur un' altra parte di questo medesimo filo.

10. La quantità di elettrico di una corrente principale della batteria non è alterata dalla corrente secondaria; ma la durata della scarica è di tanto più prolungata di quanto la conducibilità del circuito indotto è minore di quella del filo inducente.

§ 151. *Delle esperienze di Matteucci.*

Nell'agosto del 1840 *Matteucci* pubblicò le sue ricerche sull'induzione della corrente elettrica della bottiglia di Leida, valendosi della magnetizzazione come mezzo indicatore della direzione della corrente indotta e misuratore della intensità. Egli credette dalle sue esperienze di potere stabilire:

1. Il senso e l'intensità del magnetismo comunicato non varia con la tensione della scarica facendo uso di un filo diritto, e il massimo del magnetismo è inferiore a quello che dà un filo in spirale. In tutte le sue esperienze non osservò mai il *Matteucci* inversione del magnetismo.

2. L'influenza della spirale sembra aumentare la intensità del magnetismo con la tensione della scarica, mentrechè questo magnetismo è costante, se la spirale è soppressa. Quando si adoperano scariche di una maggior quantità e di una minore tensione, questi risultamenti variano ancora: l'influenza della spirale svanisce.

3. In generale la presenza di una spirale, o di un circuito metallico qualunque in faccia alla spirale che conduce la scarica, rinforza l'intensità del magnetismo: la direzione non è mai rovesciata, e l'aumento varia con la conducibilità e spessore del circuito secondario.

4. La direzione della corrente secondaria si conserva uguale a quella della corrente primitiva fino a una data distanza, al di là della quale s'inverte senza più cangiare.

5. La distanza, alla quale l'inversione della corrente secondaria incomincia, cresce con la tensione della scarica.

6. Il massimo d'intensità della corrente diretta o inversa si trova ad una distanza tanto più grande fra le due spirali, quanto è maggiore la tensione della scarica.

7. La direzione della corrente secondaria è rovesciata per l' interposizione di lamine metalliche, ed infievolita in ragione dello spessore e della conducibilità delle lamine stesse. Questo effetto è dovuto alla corrente sviluppata nella lamina frapposta alla spirale attuante ed attuata. Che se si avesse ad accrescere il numero delle lamine interposte, la corrente secondaria nella spirale svanisce, e la corrente diretta nella prima lamina non cangia nè direzione, nè intensità.

8. Due spirali, o due circuiti metallici qualunque, fra i quali si trova la spirale che trasmette la scarica della bottiglia producono un aumento d'intensità nella corrente primitiva.

In un altro lavoro che il *Matteucci* pubblicò nel 1841, venne a queste conclusioni:

1. La direzione della corrente secondaria data da un galvanometro è sempre diretta come quella della bottiglia.

2. Una lamina di stagno o di qualunque altro metallo interposto alle spirali attuante ed attuata distrugge l' effetto dell' induzione, ma il senso della corrente secondaria è costante; al contrario questa costantemente s'inverte, se i due capi si tengano ad una piccola distanza che possa tra loro scoccar la scintilla, qualunque sia la distanza alla quale si trovano le due spirali, e qualunque sia la lamina interposta. Solo la deviazione considerabilmente s' infievolisce. Rispetto alla direzione n' ebbe una conferma dalla forma del traforo fatto dalla scintilla.

Nello stesso anno 1841 il sig. *Arago* diede alla Reale Accademia delle Scienze dell' Istituto di Francia il seguente annunzio: Il signor *Matteucci* rimpiazzando il processo della magnetizzazione per l'indicazione galvanometrica, e per quella di un altro processo, è pervenuto a stabilire la teoria dei fenomeni d' induzione della corrente della bottiglia. Per questo effetto egli impiega delle spirali piane, ma bisogna che la prima corrente d'induzione sviluppata

dalla corrente della bottiglia divenga induttrice sopra un'altra spirale, e così di seguito. Egli ha impiegato fino a tre coppie di queste spirali: con questo processo egli ottenne delle deviazioni sensibilissime e costanti al galvanometro, e delle scintille brillantissime a ciascuna interruzione del circuito. Tutti questi fenomeni di induzione si riducono a questa legge: se i due circuiti che sono ravvicinati, e fra i quali si ha l'induzione, sono chiusi metallicamente, e senza che per conseguenza scocchi la scintilla all'interruzione, la corrente secondaria sviluppata è diretta in senso inverso della corrente primitiva, come avviene con la corrente Voltaica allorchè comincia; il medesimo effetto succede, se i due circuiti sono aperti in modo da dare amendue una scintilla. Quando uno dei due circuiti è chiuso e l'altro aperto, e con scintilla per conseguenza, la corrente d'induzione è sempre diretta nel medesimo senso della corrente inducente, come avviene con una corrente Voltaica che cessa. Egli trova che queste due leggi sono costanti, sia che si consideri il circuito della bottiglia di Leida come inducente, sia che si consideri come inducente un circuito che trasmette una corrente indotta.

Subito dopo apparve una *Memoria*, che nello stesso anno 1841 e nel susseguente 1842 venne riprodotta in varj giornali scientifici di Europa, in cui il *Matteucci* afferma, che fu il primo ad ottenere segni manifesti galvanometrici di induzione prodotta dalla corrente leido-elettrica. In questo suo scritto registrò i seguenti risultamenti:

1. Con due spirali, l'una delle quali era inducente e l'altra indotta e che era chiusa con un galvanometro, osservò che la corrente d'induzione era diretta nel medesimo senso dell'inducente.

2. L'intensità della corrente secondaria fu proporzionale alla quantità di elettrico, che si scaricò attraverso il circuito della bottiglia.

3. Facendo variare la distanza fra le due spirali,

la corrente secondaria non cangiò per questo direzione: essa da principio s' indebolì rapidamente, si ridusse a zero, ma non s' invertì.

4. Aggiunte alle due precedenti spirali delle altre e tutte chiuse con galvanometri in modo che non vi fosse altra scintilla che quella della scarica della bottiglia, vide che la corrente di induzione di primo ordine, cioè quella che era prodotta nella seconda spirale, ebbe la medesima direzione della corrente della bottiglia: ma che quelle di secondo e di terzo ordine ebbero una direzione opposta all' inducente.

5. Allorchè nei circuiti indotti ebbe luogo il salto della scintilla, il galvanometro non diede segni, o furono incerti ed equivoci.

Ma sostituita, come mezzo indicatore la direzione della corrente, la forma del foro prodotto in una carta dalla scintilla, osservò che allorquando il primo circuito secondario fu aperto, e che vi fu per conseguenza la scintilla d' induzione, la corrente secondaria si diresse in senso inverso alla corrente inducente. La corrente secondaria a circuito aperto ebbe adunque una direzione opposta a quella, che gli manifestò a circuito chiuso.

6. In generale il *Matteucci* ha stabilito, che qualunque sia il circuito secondario, la corrente sviluppata per induzione, fu sempre diretta nel medesimo senso della corrente inducente, se chiuso essendo il suo circuito, l'altro era aperto; o viceversa se il suo circuito essendo aperto, l' altro era chiuso; che se entrambi i circuiti inducente e indotto erano chiusi o aperti, la corrente d' induzione era opposta alla corrente inducente. Nel primo caso l'azione avveniva come con la corrente Voltiana che cessa: nel secondo caso l'azione si manifestava, come con la corrente Voltiana che incomincia.

7. Con la scarica lenta della bottiglia o del conduttore della macchina non potè aver segni d' induzione.

Notò finalmente il *Matteucci* l' influenza che le

correnti sviluppate per induzione esercitano sopra di loro. « Io metto, egli dice, tre spirali assai vicine, le quali sono separate da una semplice lamina di vetro. In una spirale che chiamo A passa la scarica di nove bottiglie; nella seconda B, e nella terza C ha luogo la corrente d' induzione. Queste due correnti sviluppate dalla corrente della spirale A della batteria, ciascuna delle quali si muove nel proprio circuito, operano per induzione l'una sull' altra, e si infievoliscono *in tutti i casi.* Io suppongo che la spirale B sia chiusa e che il galvanometro sia nel suo circuito. La scarica a 10° di tensione mi diede 8° nella corrente d' induzione in B. Io colloco appresso la terza spirale C lasciando le sue estremità a una grande distanza, e la scarica della batteria produce la medesima induzione di prima. Chiudo la spirale C, e allora la corrente d' induzione in B prodotta dalla medesima scarica è ridotta a 5°. « Questa reazione delle due spirali d'induzione venne ancora confermata dal *Matteucci* col salto della scintilla, ed ecco la ragione che ne reca l' Autore: « Egli è chiaro che la corrente d' induzione, che A sviluppa in C è più debole della corrente che è indotta in B, e per conseguente la corrente d' induzione che C produce in B è più debole ancora di quella che B sviluppa in C. »

§ 152. *Delle esperienze di Abria.*

Nel 1840 anche *Abria* fece conoscere i suo lavori sull'induzione della elettricità ordinaria, e li proseguì fino al 1843. Secondo questo fisico la distanza non avrebbe un'influenza sulla direzione della corrente indotta, e si sarebbe secondo lui discreduto lo stesso fisico americano *Henry* in una recente pubblicazione che io non ho potuto peranco leggere. Del resto *Abria* riconfermò l'esistenza delle correnti indotte di diversi ordini, ciascuna delle quali è prodotta dalla corrente indotta che la precede, tranne la corrente

indotta di primo ordine, che è prodotta dall' originaria; e queste correnti di diversi ordini avrebbero alternativamente direzioni contrarie. Da ciò parte per ispiegare la diminuzione d' intensità prodotta dalla reazione delle spirali, dei diaframmi metallici e dei circoli chiusi gli uni su gli altri. Conchiude che si ricercano ancora numerose esperienze per poter istabilire le leggi di queste reazioni. Pare tuttavia che inclini ad ammettere l' ipotesi, secondo la quale ciascuna corrente indotta consisterebbe in due, quattro, ecc. correnti alternativamente contrarie, uguali in quantità, differenti per altre loro proprietà.

§ 153. *Delle esperienze di Dove, Breguet e Masson.*

Non devo per ultimo dimenticare che *Dove*, *Breguet* figlio e *Masson* hanno fatte speciali ricerche sulle correnti d' induzione, ma esse riguardano più davvicino gli effetti magnetici, termici, fisiologici e chimici e i loro rapporti sui quali pure la scienza addimanda delle nuove esperienze, per mettere bene in chiaro quali elementi sieno loro comuni e quali proprj e speciali.

§ 154. *Delle conclusioni dedotte dagli esposti esperimenti.*

Da questi brevi cenni storici rimane dimostrata per universale consentimento dei fisici; 1. L'esistenza delle correnti d' induzione prodotte dalla scarica delle bottiglie di Leida; 2. L' esistenza di altre correnti indotte di secondo, terzo, quarto ordine, ecc. Ma intorno alle circostanze che modificano l' intensità, e cangiano la loro direzione, tuttavia opposti e contraddittorj sono i risultamenti dei dotti. E parmi indubitatamente che tali opposizioni e contraddizioni ripeter si debbano parte dalla condizione o natura degli apparati misuratori, parte da straripamenti accaduti nelle esperienze, parte ancora dal-

l'avere ommesso una od altra circostanza, avvisando esser i fenomeni meno complessi che in fatto non sono.

Perchè questa mia trattazione proceda con ordine, io dirò da prima delle ricerche che mi sono prefisse; appresso degli istrumenti misuratori ed esploratori; per ultimo degli effetti ch'io ebbi ad ottenere in un lungo corso di esperienze fatte nel gabinetto di fisica di questo I. R. Liceo di Venezia nei mesi di luglio, agosto, settembre ed ottobre del 1843.

Le mie ricerche impertanto altre agguardano l'intensità ed altre la direzione delle correnti. Per ciò che spetta all'intensità, io ho dimandato:

1. La corrente originaria in una spirale opera sopra sè stessa?

2. I circuiti spirali laterali esercitano influenza sopra la corrente originaria?

3. La quantità di elettrico sviluppata per influenza è proporzionale alla quantità inducente?

4. L'intensità dell'induzione può essere per influenza infievolita, accresciuta, neutralizzata?

E per ciò poi che spetta la direzione, io richiesi a me stesso:

1. La capacità e la tensione della bottiglia esercitano influenza sulla direzione indotta?

2. La conducibilità del conduttore attuante ed attuato concorre ad invertere la direzione della corrente?

3. Quale influenza sulla direzione esercitano i diaframmi?

4. Quale influenza esercita la distanza, alla quale trovasi il conduttore attuato dall'attuante?

5. Quale direzione seguono le correnti di secondo, terzo e quarto ordine?

Proposte le ricerche, era naturale il trapasso alla disamina delle condizioni che aver devono gli strumenti misuratori ed esploratori per non essere tratti in errore.

I fisici ora adoperarono il galvanometro, ora la ma-

gnetizzazione temporaria e permanente, ora la calorificazione, ora la forma del traforo fatto in una carta dalla scintilla elettrica; e questi mezzi li risguardarono come uniformi a sè stessi, e paragonabili; ma tali costantemente non sono, come si rende manifesto dalle seguenti considerazioni.

Il galvanometro detto ancora moltiplicatore, elettropassometro, reometro, od anche elettrometro dinamico, è un istrumento eminentemente elettroscopico che in alcuni casi sorpassa in isquisitezza la rana del *Galvani*, come contro le asserzioni del *Nobili* io ebbi a provare sperimentalmente e pubblicai nel 1833 (1), mentre egli era tuttavia vivente; ma questo apparato non è uniforme a sè stesso; perchè si cangia incessantemente l' intensità del magnetismo dell' ago o degli aghi magnetici; perchè si altera lo stato d' inerzia del filo reometrico nel tradurre l' elettrico; e soprattutto perchè una deviazione galvanometrica, non sempre è indicatrice della direzione di una data corrente, come io ho discoperto, e confermarono appresso altri fisici. Io ho più volte veduto con le correnti delle elettricità di attrito delle deviazioni in senso opposto a quelle, che avrebbero avuto luogo per correnti Voltiane. Il galvanometro adunque nell' analisi dei fenomeni di induzione dinamica della elettricità comune non può essere usato senza tema di errore. Egli vale ad indicarci con una costanza che fino ad ora non patì eccezione, la direzione delle correnti Voltiane, delle termo-elettriche, ittio-elettriche, magneto-elettriche.

Io feci sopra tutte queste correnti in parecchi luoghi, in tempi diversi, con galvanometri varia-

---

(1) *Nobili*, *Antologia di Firenze n.* 113. *Bibl. Univ. de Genèv. T. XXXVII. pag.* 10. *Zantedeschi, Relazione sulle scoperte principali magneto-elettriche, Ateneo di Brescia*, 30 *gennajo* 1834; *Poligrafo di Verona, gennajo* 1834.

mente costrutti, moltissimi esperimenti, senza che io avessi ad osservare anomalia alcuna. Il *re-elettrometro*, istrumento gelosissimo per la scoperta delle correnti istantanee, non è meno scevro del galvanometro da difetti. Egli non è uniforme a sè stesso, nè paragonabile con altri apparati per le variazioni nella suscettibilità a magnetizzarsi che acquista il ferro per le precedenti magnetizzazioni, come ha scoperto il professore *Marianini*.

La magnetizzazione permanente, che prendono gli aghi di acciajo chiusi entro a spirali fu usata da celeberrimi fisici come mezzo per esplorare la direzione e misurare l'intensità delle correnti indotte; ma venne mosso il dubbio da *Riess*, se questo mezzo guidi a risultamenti, che non racchiudano alcuna parte di falso. Dalle polarità che prende un ago e dal suo grado di magnetizzazione si può sempre argomentare la direzione della corrente indotta, e l'intensità e quantità della corrente elettrica?

Le esperienze fatte da' fisici intorno a questo argomento non mi parvero bastanti a rimuovere ogni ragionevole incertezza. Per provare se le polarità di un ago calamitato dalla elettricità ordinaria dimostrino, entro ai limiti nei quali avrei sperimentato, costantemente la direzione della scarica, io procedetti a questo modo: Presi tre bottiglie di Leida che denomino colle lettere A della superficie armata di 0^m, 26; B della superficie armata di 0^m, 45; C della superficie armata di 1^m, 80. Feci costruire delle spirali piane bene isolate da poter condurre una carica fino di 40°H senza straripamenti. Le spirali maggiori erano formate di filo di ottone del diametro di due millimetri e lungo 31 metri bene isolato in tutta la sua lunghezza. Ciascuna di queste spirali riuscì del diametro di 43 centimetri; esse furono collocate verticalmente, per cui le diremo nel corso di questo Trattato anche spirali verticali (*Fig.* 76). Le minori furono formate con filo di ottone del diametro di un millimetro e della lunghezza

di 15 metri. Ciascuna riuscì del diametro di 18 centimetri; esse furono collocate orizzontalmente, per cui le diremo per brevità spirali orizzontali (*Fig.* 77). Il filo della spirale magnetizzante era di rame bene isolato della lunghezza di quattro decimetri e del diametro di $1/_4$ di millimetro. Gli aghi dei quali io feci uso, furono della fabbrica dei fratelli Guaita di Aquisgrana n.° 4 e della fabbrica Springsfeld n.° 14, che io nel corso di queste esperienze denomino G ed S.

Tanto con le spirali verticali, che con le spirali orizzontali, usando successivamente gli aghi G ed S ottenni sempre con le tre bottiglie A B C, un magnetismo indicante la direzione della scarica. Le bottiglie furono caricate da 1°, II fino a 40° II.

Debbo avvertire che la spirale magnetizzante era indossata agli aghi, e rispondeva loro perfettamente in lunghezza. La magnetizzazione permanente adunque e lo stesso verificai della temporaria, è mezzo per esplorare la direzione della corrente leido-elettrica, entro i limiti ne'quali io ho esperimentato: ho detto semplicemente ch'è mezzo esploratore, perchè in quanto ad intensità non lo rinvenni mezzo sicuro e fedele; non tutti gli aghi della medesima fabbrica e del medesimo numero a scariche uguali prendono un egual magnetismo; differiscono pel grado della tempera o per la forza coercitiva. E perciò la magnetizzazione è un elettroscopio dinamico, e non un elettromotore. Nella *Relazione* delle Adunanze della reale Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Modena per l'anno accademico 1842-1843 pag. 8, trovo registrato che anche il *Marianini* istudiando l'azione delle correnti leido-elettriche sul ferro spogliato di ogni magnetismo, giunse a questo risultamento generale, ch'esso si calamita sempre nel medesimo senso, ove la scarica della boccia di Leida vi circoli attorno nello stesso verso. La capacità della boccia, la tensione, il più o meno imperfetto conduttore che l'elettrico deve attraversare

per circolare attorno il ferro, circostanze tutte le quali possono variare il verso della magnetizzazione in altri casi, per nulla valgono ad alterarlo, se il ferro è affatto privo di magnetismo.

La calorificazione, o l'effetto calorifico prodotto da una corrente indotta non può servire che come mezzo elettroscopico, non sempre valente ad indicare la direzione, nè sempre è mezzo sicuro ad indicare la precisa quantità di elettrico, che passa in un dato tempo da una data sezione di filo congiuntivo. Supposto come assolutamente comprovato, che la quantità di elettrico che trascorre il circuito determini l'innalzamento di temperatura proporzionalmente al quadrato della sua velocità, si potranno avere conduttori ugualmente resistenti? e lo stesso conduttore conserverà sempre la medesima resistenza? La paragonabilità adunque e l'uniformità pare tuttavia che manchino alla calorificazione.

Finalmente la forma del traforo fatto nella carta dal passaggio della scintilla elettrica, è impotente a misurare la tensione e spesso incerto nelle sue indicazioni, rispetto alla direzione della corrente. La carta in ambe le sue facce è sempre ugualmente resistente? questa condizione è essenzialissima, perchè dalla diversità del traforo nelle parti d'ingresso, e di egresso si possa argomentare la direzione della corrente. Non v'ha nella fisica che lo spinterometro, che sia istrumento, entro gli assegnati confini uniforme a sè stesso e paragonabile con altri per misurare la tensione della corrente leido-elettrica. Di questo impertanto mi valsi nelle mie ricerche che agguardano la tensione delle correnti indotte. Esso è formato di ottone colle palle del diametro di un pollice, e colla scala divisa in pollici e linee del piede di Parigi.

ARTICOLO I.

§ 155. *Della intensità delle correnti leido-elettriche indotte.*

La corrente originaria in una spirale opera sopra sè stessa?

Riess dai proprj esperimenti dedusse, che alcuna parte del filo congiuntivo della batteria, non opera per influenza sopra altra parte del medesimo filo. Il contrario aveva affermato *Henry* con *Faraday* e *Becquerel*. Le mie esperienze comprovano l' asserita influenza. Io collocai parallelamente e al minimo di distanza due spirali verticali, e la corrente della bottiglia B di Leida carica a 20° H era obbligata ad attraversare ambe le spirali nella medesima direzione, ed a ritornare all' armatura negativa per la via dello spinterometro, che aveva le due palle distanti per l' intervallo di due linee. Il salto della scintilla non ebbe mai a mancare. Portate le due spirali alla distanza di 38 centimetri, e rinnovata alla stessa tensione la scarica della bottiglia, non potei mai avere allo spinterometro il salto della scintilla. Io rinnovai queste esperienze anche con due fili di ottone della lunghezza di 31 metri e del diametro di due millimetri, che feci bene ricuocere, perchè si prestassero facilmente ad ogni piegamento, e vestire di sostanze isolanti; l' uno di questi fili era ben disteso, e l' altro avvolto in spirale solida che riuscì di trentadue spire perfettamente uguali, ciascuna del diametro di quattordici centimetri. Questa venne inserita in un cilindro di legno della lunghezza di otto metri circa, onde poterla distendere a piacimento, da occupare in lunghezza cinque a sei metri. Con la bottiglia C carica a 10° H. crescenti, ebbe luogo col filo rettilineo il salto della scintilla alla distanza di una linea. Coll' altro filo

raccolto in spirale, la scintilla straripò da spira a spira, e riuscì allo spinterometro più viva e sonora della precedente. Svolto anche questo filo, il salto della scintilla con la medesima carica apparve alla distanza di una linea; ma di nuovo avvolto in spirale, in guisa che le spire fossero distanti fra loro di 20 centimetri, il salto della scintilla alla distanza di una linea non accadeva che colla tensione di 14° H. Una corrente elettrica adunque agisce sopra sè stessa modificando gli effetti intensivi.

I circuiti e le spirali laterali esercitano influenza sopra la corrente originaria?

Riess avvisò, che la quantità di elettrico della corrente principale della batteria non è alterata dalla corrente secondaria, ma solo la durata della scarica è tanto più ritardata, quanto la conducibilità del circuito accessorio è minore di quella del filo congiuntivo della batteria. *Matteucci* affermò che in generale la presenza di una spirale o di un circuito metallico rinforza l'intensità della corrente originaria, e che l'accrescimento varia in ragione della conducibilità e spessore del circuito secondario. Io per converso rinvenni, che le spirali laterali infievoliscono la tensione della corrente originaria. La spirale conducente la corrente originaria era collocata fra due spirali laterali, ciascuna delle quali era distante da quelle di mezzo di 8 millimetri. Con la bottiglia C carica a 9° H, e colle spirali laterali a capi aperti, il salto della scintilla ebbe luogo alla distanza di una linea, ma con le spirali laterali a capi chiusi a 9°H, non ebbe più luogo il salto della scintilla; fu necessario portare la tensione della scarica prossimamente a 10°H. Uguali risultamenti ottenni pure con circuiti metallici, come con foglie di stagnola. Le spirali adunque, o i circuiti metallici laterali, indeboliscono la tensione della corrente leido-elettrica. Negli esperimenti del *Matteucci* pare

che siano accaduti degli straripamenti; e sono condotto in questa credenza dal fatto riferito da lui stesso, che la scintilla gli riusciva più forte e più fragorosa; fenomeno che non mi venne mai fatto di osservare che negli straripamenti.

La quantità di elettrico sviluppato per influenza è proporzionale alla quantità inducente?

Marianini affermò che la forza della corrente indotta, sebbene il più delle volte cresca o scemi, secondo che è più grande o più piccola la tensione, pure non è proporzionale alla tensione medesima. *Riess* al contrario dai proprj esperimenti ebbe ad argomentare che la quantità di elettrico sviluppato per influenza è proporzionale alla quantità inducente, e che circola in un intervallo di tempo proporzionale al tempo della scarica; e che a cose uguali, è proporzionale alla lunghezza efficace del filo congiuntivo: notò pure l' influenza della distanza dagli assi del filo attuante dall' attuato, e potè stabilire ch' è in ragione inversa della distanza degli assi de' fili, purchè non si prenda una distanza troppo piccola. Anche il *Matteucci* con le indicazioni galvanometriche ebbe a verificare che l' intensità della corrente secondaria varia proporzionalmente alla quantità di elettrico, che si scarica attraverso il circuito della bottiglia. Dai miei esperimenti viene riconfermata la proporzionalità scoperta da *Riess* e verificata da *Matteucci*. Io presi, per mettere in chiaro questa relazione, due spirali verticali, e collocatele alla distanza di un millimetro, coi capi dell' una ho stabilita la comunicazione collo spinterometro; e coi capi dell' altra ho scaricata la bottiglia. Io ho osservato che la distanza esplosiva, o la distanza alla quale avea luogo il salto della scintilla, cresceva colla tensione della carica, com' è manifesto dalla seguente tabella:

Bottiglia B 5°H . . salto della scintilla a 1/2 linea.
10° 1
15° . . nessun salto. 2
20° . . salto della scintilla. . . 2
25° . . nessun salto. 3
30° . . salto della scintilla. . . 3

Accresciuta la distanza della spirale indotta dall' inducente, fu necessario accrescere la tensione della carica per avere il salto della scintilla alle stesse distanze: così alla distanza di due centimetri, il salto della scintilla ad una linea non avvenne che alla carica di 12 1/2 H. Venti esperienze comprovarono questo risultamento.

L' intensità dell' induzione può essere per influenza infievolita, accresciuta, neutralizzata?

Henry, come vedemmo, ottenne la neutralizzazione della corrente indotta colla interposizione di un disco metallico o di una spirale chiusa fra le due spirali inducente ed indotta. *Riess* dalle proprie esperienze raccolse, che allorquando il filo congiuntivo della batteria fa nascere delle correnti d' induzione in due fili vicini, ciascuna corrente è più debole di quella che avrebbe luogo, se l' altra non esistesse; e *Matteucci* colla interposizione di lamine metalliche ebbe pure l' infievolimento della corrente indotta. Io giunsi ora a rinvigorire ed ora a neutralizzare la corrente indotta colla stessa corrente inducente, senza cangiare la distanza fra la corrente inducente ed indotta, e senza alterare la carica della bottiglia. Ecco il modo che tenni nello sperimentare. Io feci percorrere alla corrente inducente la lunghezza di due spirali verticali, fra le quali si ritrovava la spirale indotta, distante da ciascuna spirale 0^m 02, e la corrente inducente in ambedue le spirali ora andava nel medesimo senso, ed ora in

senso opposto. Io ho istituito due serie di esperimenti con questa disposizione: nella prima i capi della spirale indotta comunicavano collo spinterometro; nella seconda comunicavano con una persona, che impugnava due grossi cilindri di ottone, uniti metallicamente ai capi della spirale indotta.

Serie Prima.

Allorchè la corrente leido-elettrica in ambedue le spirali andava nella medesima direzione, vale a dire in entrambe dalla periferia al centro, o dal centro alla periferia, io ottenni il salto della scintilla *costantemente* colla carica della bottiglia B a 23° H, come ho verificato con quaranta esperienze; e allorchè la corrente leido-elettrica andava in direzione opposta nelle due spirali inducenti, cioè nell' una dalla periferia al centro e nell' altra dal centro alla periferia o viceversa, io non potei avere il salto della scintilla neppure a 40° H. Nella seguente tabella sono esposti i risultamenti sperimentali.

Con la bottiglia B e colla corrente diretta in entrambe le spirali nel medesimo senso,

10°H. $12°\frac{1}{2}$ $15°\frac{1}{2}$ $17°\frac{1}{2}$ $19°\frac{1}{2}$	nessun salto della scintilla alla distanza di una linea.
23°	salto della scintilla costantemente alla distanza di una linea.

Colla stessa bottiglia B e colla corrente diretta nelle spirali in senso contrario,

10° H. 12°½ 15° 17°½ 20° 25° 30° 35° 40°	nessun salto della scintilla alla distanza di una linea.

SERIE SECONDA.

Ritenute le disposizioni esposte nella precedente serie, e in luogo dello spinterometro introdotta una persona nel circolo della corrente indotta, allorchè la corrente leido-elettrica in amendue le spirali camminava nel medesimo senso, la scossa riusciva crescente a mano a mano che la tensione aumentava; ma allorchè la corrente nelle spirali inducenti era diretta in senso opposto, la scossa fu nulla fino a 40°H. La seguente tabella rappresenta i risultamenti sperimentali.

Colla bottiglia B e colla corrente leido-elettrica diretta nel medesimo senso,

5°H . . . scossa sensibile ai carpi.
10° . . . scossa più estesa e più piena.
15° . . . scossa crescente, che giunse fino al gomito.
20° . . . scossa fino al gomito più piena e più grave.

Colla Bottiglia B e colla corrente leido-elettrica diretta in senso opposto,

5° H.
10°
15°
20°
25° } nessuna scossa sensibile.
30°
35°
40°

Gli effetti d' induzione adunque si sono neutralizzati.

È necessario avvertire, che le due spirali inducenti devono essere equidistanti dalla spirale indotta; nel caso che fossero collocate a distanze ineguali si ha scossa sensibile, che io riguardo come la differenza delle due opposte azioni inducenti. È per questo che una tale disposizione delle spirali fu detta da me, *Induzionometro dinamico differenziale.*

In altre esperienze la corrente leido-elettrica attraversava una sola spirale; e la persona in comunicazione colla spirale indotta, che era alla distanza di due centimetri, come negli antecedenti sperimenti ed a tensioni uguali, provò delle scosse minori, come appare dalla seguente tabella.

Colla bottiglia B,
5°H . . scossa fino ai carpi.
15° . . . scossa più estesa e più piena.
20° . . . scossa crescente, ma non si estese al gomito.

Colla stessa corrente originaria, i fenomeni fisiologici d' induzione vengono rinvigoriti dall' influenza della seconda spirale, sebbene questa corrente originaria abbia una tensione minore allorchè attraversa un doppio circuito. L'esperienza comprovò che allorquando attraversa un solo circuito, la carica della bottiglia B a 10°H, dà il salto della scintilla alla distanza di una linea, e allorquando la corrente ori-

ginaria attraversa entrambe le spirali, perchè abbia luogo il salto della scintilla alla distanza di una linea, si ricerca la carica della bottiglia B a 25°H, posto che le spirali sieno alla distanza di 0^m, 02.

ARTICOLO II.

§ 156. *Della direzione delle correnti leido-elettriche indotte.*

Ragionando della direzione delle correnti indotte, io parlerò dapprima della direzione di quelle di primo ordine; appresso della direzione di quelle di secondo, e terzo e quarto ordine, alle quali si estesero le mie esperienze.

Della direzione delle correnti indotte di primo ordine.

Varie sono, come superiormente fu indicato, le circostanze che influiscono sulla direzione delle correnti indotte di primo ordine; ed è necessario che sieno bene determinate prima di fare trapasso a quelle di secondo, terzo e quarto ordine. Esse si riducono alle seguenti: 1. Alla capacità e tensione della bottiglia; 2. Alla conducibilità del conduttore attuante ed attuato; 3. Ai diaframmi; 4. Alla distanza alla quale trovasi il conduttore attuato dall' attuante. Io esporrò fedelmente fino a qual punto i risultamenti de' fisici, che mi precedettero, sieno stati confermati da' miei, e ciò che mi venne fatto di aggiungere alla scienza in queste investigazioni.

La capacità e la tensione della bottiglia esercitano influenza sulla direzione della corrente elettrica indotta?

Il *Marianini*, a cui deve la scienza queste ricerche, con numerose esperienze ha determinato che

quando il coibente armato ha una discreta capacità ed è caricato a piccola tensione, produce una induzione, la quale nel filo attuato ha una direzione contraria a quella che la corrente attuante ha nel filo attuante; ma che per poco che si accresca la tensione, la direzione della corrente indotta s' inverte. Egli afferma che le bocce di Leida, che più di frequente si adoperano nelle esperienze elettriche, presentano facilmente questo fenomeno. Egli l' ottenne con una bottiglia cilindrica della quale l'una e l'altra armatura era di cinque centimetri quadrati, e la grossezza del vetro era un po' minore di un millimetro. Il filo attuante, che serviva alla scarica della boccia di Leida, era di ottone del diametro di tre millimetri, e della lunghezza di ottanta centimetri e parallelo al filo attuato della stessa grossezza, e lungo un metro, che era portato da due sostegni isolanti, e che con lunghe strisce di piombo chiudeva il circolo colla spirale magnetizzante. Effetti consimili ottenne sperimentando con tre bottiglie di capacità ancora minore, e con due quadri, in uno dei quali le superficie armate erano di sedici centimetri quadrati e nell' altro di sessantaquattro.

Per converso dimostrò che la boccia di Leida, che ha poca capacità, per quanto sia tenue la tensione, purchè sia sufficiente a produrre induzione sensibile, ingenera nel filo attuato una corrente, che ha sempre una direzione contraria all' inducente, o alla scarica che ha la boccia nel filo attuante. Sembra impertanto, conchiude il *Marianini*, che per quanto sia grande la capacità del coibente armato, vi sia sempre una tensione così piccola, caricato alla quale generi nel filo attuato la corrente indotta e diretta al contrario dell' attuante, come fanno le bocce piccole, le quali vedemmo, per quanto esile fosse la loro capacità, dirigere la corrente indotta nel medesimo senso, se non fosse impossibile caricarle ad altissima tensione. Egli infatti più volte ebbe ad osservare che la piccola boccia avente un decimetro

quadrato di armatura esterna, caricata a trentacinque o quaranta gradi di tensione, ch' era la massima che poteva sopportare, produceva una deviazione molto minore, che non quando era caricata a soli venti gradi o venticinque.

Io ho messo alla prova l' influenza della capacità e della tensione delle bocce sulla direzione della corrente indotta, sperimentando con due spirali orizzontali collocate al minimo di distanza, cioè di un millimetro, e usando gli aghi S. Qui sotto sono esposti i risultamenti che ottenni colle bottiglie B, C ed A, dai quali è reso manifesto che la grandezza del coibente armato, per darci le correnti indotte colle due opposte direzioni, non è assoluta, ma relativa alla natura, lunghezza e diametro del filo conduttore, e che si può giungere con piccola bottiglia caricata con altissima tensione ad avere le correnti indotte dirette nel medesimo senso delle inducenti, come si hanno colle bocce di discreta capacità.

Bottiglia B 1/2°H. }
1° }
1° 1/2 } nessun magnetismo.
2° }

2° 1/2 } magnetismo in senso opposto alla corrente inducente.

5° . . . nessun magnetismo.

10° } magnetismo nel medesimo senso della corrente inducente.

Bottiglia C 2° 1/2H. magnetismo indicante la corrente indotta opposta all' inducente.

4° . . . nessun magnetismo.

5° 7° 9° 10° 12° 15° 16° 17°	magnetismo indicante la corrente indotta diretta nel medesimo senso dell' inducente.

In alcuni casi alla tensione 15°, 16°, 17°H, s'ebbero delle esplosioni tra la spirale inducente ed indotta, ed in allora la magnetizzazione indicava che la corrente indotta era opposta all' inducente; in qualche caso mancò perfino il fenomeno della magnetizzazione.

Bottiglia A 1/2H. 1° 1° 1/2 2°	magnetismo non sensibile.
2° 1/2 5° 10° 15° 20° 25° 30°	magnetismo indicante la corrente indotta opposta all'inducente. Ai gradi 20°H, apparve diminuzione di magnetismo, e così successivamente fino ai 30°H.
35° . .	nessun magnetismo
40° . .	magnetismo indicante la corrente indotta diretta nel medesimo senso della inducente.
42° . .	la bottiglia mi si ruppe in mano. Si scaricò traforando il vetro.

Con altra bottiglia simile ad A non ho potuto nep-

pure giugnere a zero gradi; la carica era portata a 28°, ed a 30° e si scaricava da sè.

Io ho desistito di procedere innanzi in questa ricerca, ben contento di avere sperimentalmente verificata l' ipotesi del mio collega professor *Marianini.*

La conducibilità del conduttore attuante ed attuato concorre ad invertere la direzione della corrente ?

Il *Marianini* indebolendo gradatamente la facoltà conduttrice del conduttore attuante, giunse al punto di ottenere con una boccia di Leida di mediocre o di grande capacità, e carica a mediocre o a grande tensione, una corrente d'induzione diretta nel medesimo senso di quella che produce una boccia di capacità assai limitata. Posteriormente avendo egli con acqua distillata reso imperfetto il conduttore attuato, ottenne l' inversione stessa che ebbe quando quell' acqua faceva parte del conduttore attuante, come abbiamo superiormente accennato. Il *Marianini* pensa che la circostanza di essere più o meno imperfetto il conduttore attuato, non possa sensibilmente influire sulla maggiore o minore rapidità della invasione o della cessazione della corrente nell' attuante. Il contrario, come vedemmo, ebbe *Riess* a dedurre dai proprj esperimenti.

Per verificare l' influenza della conducibilità del conduttore attuante ed attuato, io adoperai due spirali orizzontali collocate alla distanza di due centimetri: la bottiglia era la C carica a 15°H. Interrotto il conduttore inducente da uno strato d' acqua dolce della grossezza di due centimetri dalla parte dell' armatura negativa della bottiglia, il magnetismo indicò che la corrente indotta era opposta all' inducente. L' esperienza fu dieci volte ripetuta con risultamento costante. Interrotto il conduttore inducente collo stesso strato d' acqua dalla parte dell' armatura positiva della bottiglia, il risultamento fu lo stesso. L' espe-

rienza fu ripetuta ancora qui dieci volte con effetto costante. Non vidi mai attraverso dello strato di acqua scintillamento. Pescavano in essa due fettucce di piombo lunghe un centimetro, e alla distanza di 18 millimetri. Il salto della scintilla apparve soltanto al bottone della bottiglia.

Io ho rinnovati gli stessi sperimenti interrompendo il conduttore attuato collo stesso strato d'acqua, ora da un capo ed ora dall'altro della spirale magnetizzante: ma il magnetismo allorchè si manifestò ebbe ad indicare, che la corrente indotta era diretta nel medesimo senso della inducente; ho detto allorchè il magnetismo si manifestò, perchè ciò accadeva quando nell'acqua avea luogo il salto della scintilla, che colle fettucce di piombo, alla distanza di un centimetro, avveniva a 30°H, e con punte finissime, portate al minimo di distanza, a 9°H. Colla scarica lenta della corrente attuata non ebbi mai magnetizzazione sensibile.

In questo caso del conduttore attuato interrotto dallo strato di acqua, avvennero varie esplosioni nella spirale inducente e nell'indotta, a quella tensione alla quale non accadevano quando era chiuso metallicamente, o poteva avere luogo il salto della scintilla. È bene notare il luogo in cui accadevano le esplosioni e gli straripamenti. Nella spirale inducente accadevano nella prima e seconda spira del filo comunicante coll'armatura positiva della bottiglia, e nella spirale indotta si manifestavano nell'ultima e penultima spira in punti corrispondenti a quelli delle esplosioni della spirale inducente (*Fig.* 78).

Quale influenza sulla direzione esercitano i diaframmi?

Il *Matteucci* ebbe a scoprire l'inversione della corrente secondaria per l'interposizione di diaframmi metallici: il quale fenomeno ebbe egli a ripetere dalla corrente sviluppata nel diaframma frapposto alla spirale attuante ed attuata. Io ho pienamente

verificata questa inversione, Ecco il modo che tenni nello sperimentare. Presi due spirali verticali che collocai alla distanza di due centimetri. La bottiglia era la C caricata alla tensione di 2°H, e la spirale indotta era chiusa con la spirale magnetizzante, che portava in seno un ago G. Il magnetismo indicò una corrente indotta diretta nel medesimo senso dell'inducente. Frapposto alle due spirali un diaframma di ottone della grossezza di due millimetri, il magnetismo sviluppato indicò che la corrente indotta era opposta all'inducente: lo stesso avvenne con un diaframma di stagnola dello spessore di un terzo circa di millimetro; ma con un diaframma di ferro dello spessore di un millimetro, non ebbi corrente indotta neppure con una tensione di 30°H, e questa riapparve con altro diaframma di ferro dello spessore di mezzo millimetro.

Quale influenza esercita la distanza alla quale trovasi il conduttore attuato dall'attuante?

Secondo i lavori di *Henry*, del 1838 al 1840, vi è una distanza alla quale la direzione della corrente indotta si cangia, analogamente a quanto aveva ottenuto il *Savary* colla magnetizzazione degli aghi di acciaio; e questa distanza diversifica per la lunghezza e il diametro del filo attuante e per la carica della bottiglia: dapprima la corrente indotta sarebbe diretta nel medesimo senso dell'inducente, e appresso in senso opposto. Secondo le esperienze del *Matteucci*, pubblicate nel 1840, la distanza alla quale l'inversione della corrente secondaria incomincia, cresce colla tensione della scarica; secondo quelle pubblicate nel 1841, nelle quali il processo della magnetizzazione permanente venne rimpiazzato dalla indicazione galvanometrica, facendo variare la distanza fra le due spirali inducente ed indotta, la corrente secondaria non cangia direzione, ma solo da principio s'indebolisce rapidamente, si riduce a zero, senza

che appresso risorga con inversione. Finalmente anche le esperienze di *Abria,* che furono continuate fino al 1843, indicherebbero che la distanza non ha alcuna influenza sulla direzione della corrente indotta; e, secondo questo fisico, l' americano *Henry* si sarebbe discreduto dei primi suoi risultamenti. In mezzo a queste incertezze e ritrattazioni, io ho istituite varie esperienze, dalle quali ho potuto rilevare l' influenza che sulla inversione della corrente secondaria esercita la distanza. Ho adoperato in queste la bottiglia C e le due spirali orizzontali, che furono collocate successivamente alla distanza di un centimetro, di due centimetri, di tre centimetri. Nelle seguenti serie sono registrati i risultamenti delle esperienze, dalle quali si vede che da prima incomincia la corrente indotta opposta all' inducente, indi viene lo zero, e finalmente, la corrente indotta diretta nel medesimo verso dell' inducente.

Serie prima

In cui la spirale indotta era collocata alla distanza di un centimetro dall' inducente.

2° II . . . magnetismo indicante la corrente indotta opposta all' inducente.
2° 1/2 . . nessun magnetismo.
3° . . . . magnetismo indicante le corrente indotta diretta nel medesimo senso dell' inducente.

Serie seconda

In cui la spirale indotta era collocata a due centimetri di distanza dall' inducente.

1° II . . . magnetismo indicante la corrente indotta opposta all' inducente.

2° 2° 1/2 3° 4°	nessun magnetismo.
5° . . .	magnetismo indicante la corrente indotta diretta nel medesimo senso dell'inducente.

SERIE TERZA

In cui la spirale indotta era collocata alla distanza di tre centimetri dall' inducente.

1° H 2° 1/2	magnetismo indicante la corrente indotta opposta all'inducente.
3° 4°	nessun magnetismo.
5° 6° 7° 8° 9°	magnetismo indicante la corrente indotta diretta nel medesimo senso dell'inducente.

In altri esperimenti ebbi effetti nei quali l'inversione apparve ora a 7°H, ora a 4°, ed ora 6°, ritenute le distanze delle spirali indotte dall'inducente di 1, 2, 3 centimetri, ed usata la bottiglia C.

SERIE QUARTA

In cui la distanza della spirale indotta dall'inducente era di un centimetro.

2° H 2° 1/2	magnetismo indicante la corrente indotta opposta all'inducente.
5°	nessun magnetismo.

7° . . . . . magnetismo indicante la corrente indotta diretta nel medesimo senso dell' inducente.

Serie quinta

In cui la distanza della spirale indotta dall'inducente era di due centimetri.

1° ½ Il magnetismo indicante la corrente indotta opposta all' inducente.
2° ½ nessun magnetismo.
4° } magnetismo indicante la corrente in-
5° } detta diretta nel medesimo senso del-
6° } l' inducente.

Serie sesta

In cui la distanza della spirale indotta dall'inducente era di tre centimetri.

1° Il magnetismo indicante la corrente indotta opposta all' inducente.
2° }
3° } nessun magnetismo.
4° }
5° }
6° } magnetismo indicante la corrente indotta
7° } diretta nel medesimo senso dell' inducente.

Finalmente in un esperimento, in cui la distanza della spirale indotta dall' inducente era di tre millimetri, io ebbi a

2° ½ Il magnetismo indicante la corrente indotta opposta all' inducente.
3° . . . nessun magnetismo.

6° . . . magnetismo indicante la corrente indotta diretta nel medesimo senso dell' inducente.

A cose uguali, colla stessa bottiglia caricata alla medesima tensione, i limiti delle opposte induzioni dovrebbero essere costanti. Adunque le esposte differenze si devono ripetere dalla natura degli aghi che non furono ugualmente suscettivi di magnetismo.

Della direzione delle correnti indotte di secondo, terzo e quarto ordine.

Quale direzione seguono le correnti indotte di secondo, terzo e quarto ordine?

Secondo gli esperimenti di *Henry*, istituiti col processo della magnetizzazione, tutte le correnti di qualsivoglia ordine hanno la medesima direzione della corrente originaria entro i limiti di una data distanza. E secondo gli esperimenti del sig. *Matteucci*, eseguiti colle indicazioni galvanometriche nei circuiti indotti chiusi metallicamente o aperti da dare amendue la scintilla, la corrente secondaria sviluppata è diretta in senso inverso della corrente primitiva, come avviene colla corrente Voltiana che incomincia; e quando uno dei circuiti è chiuso e l' altro è aperto e con scintilla, la corrente d' induzione è sempre diretta nel medesimo senso della corrente inducente, come avviene con una corrente Voltiana che cessa. Egli afferma che queste due leggi sono costanti, sia che si consideri il circuito della bottiglia di Leida come inducente, sia che si consideri come inducente un circuito che trasmette una corrente indotta. In questi esperimenti, de' quali si parlò nei *Comptes rendus* dell' Accademia delle Scienze di Parigi, adoperò fino a tre coppie di spirali; ma secondo i risultamenti descritti in una sua susseguente *Memoria*, ed avuti da spirali tutte chiuse da galvanometri, in modo

che non vi era altra scintilla tranne quella della scarica della bottiglia, la corrente d'induzione di primo ordine, cioè quella che è prodotta nella prima spirale indotta, ha la medesima direzione della corrente della bottiglia, e quelle di secondo e terzo ordine hanno una direzione opposta. In questo secondo lavoro avverte il *Matteucci*, che quando ne' circuiti d'induzione ha luogo il salto della scintilla, il galvanometro non ha segni, o sono incerti ed ecquivoci. In questo secondo caso ha sostituita la forma del foro prodotto in una carta dalla scintilla, che secondo lui appare più cospicua dalla parte negativa, o la macchia nera della punta positiva del filo metallico che fa parte del circuito. Egli afferma avere osservato che allorquando il primo circuito secondario è aperto, che v'ha per conseguenza la scintilla d'induzione, la corrente secondaria a circuito aperto ha una direzione opposta a quella ch' ella ha con circuito chiuso, e che questo principio si verifica qualunque sia l'ordine della spirale che si considera, e per conseguente qualunque sia la corrente indotta che diviene inducente: e che perciò in generale qualunque sia il circuito secondario che si prenda, la corrente sviluppata per induzione è sempre diretta nel medesimo senso della corrente inducente, se il circuito essendo chiuso, l'altro è aperto, o viceversa se il suo circuito essendo aperto l'altro è chiuso: che se amendue i circuiti inducente ed indotto sono chiusi o aperti, la corrente d'induzione è opposta alla corrente inducente. Nel primo caso l'azione avviene come nella corrente Voltiana che cessa; nel secondo caso l'azione si manifesta come nella corrente Voltiana che incomincia.

In mezzo a queste disparate sentenze, io consultai la natura senza prevenzione alcuna. Le esperienze furono istituite con cinque spirali orizzontali, la prima delle quali conduceva la scarica della bottiglia, e le altre quattro erano le indotte. La spirale indotta di primo ordine era distante dall' inducente un centimetro, quella di secondo ordine distante dall' origi-

naria inducente di $0^{m}025$, quella di terzo ordine era distante dall' inducente originaria di $0^{m}04$, e quella finalmente di quarto ordine era distante dall'originaria inducente di $0^{m}055$. La bottiglia era ora la B ed ora la C, e nelle esperienze procedetti ora a circuito chiuso ora aperto, senza salto della scintilla, ed ora a circolo aperto con salto della scintilla: nel caso che nella spirale indotta di primo ordine non avesse luogo il salto della scintilla, la direzione della corrente nella spirale indotta di secondo ordine, accadeva come se quella di primo ordine non fosse stata: ma nel caso che nella spirale indotta di primo ordine avvenisse il salto della scintilla, la corrente indotta nella spirale di secondo ordine aveva la direzione, come se la spirale di primo ordine fosse stata metallicamente chiusa. Nella spirale indotta di secondo ordine per quanto avvicinassi i capi, non ho potuto mai avere il salto della scintilla, e quindi la direzione della corrente in quella di terzo ordine era come se quella di secondo ordine non esistesse; lo stesso accadde pure in quella di quart' ordine: adunque la spirale indotta di primo ordine era diretta nel medesimo senso dell' inducente, e tutte le altre di secondo, terzo, quarto ordine in direzione opposta all' inducente originaria. La tensione fu portata da 5° fino a 35°H.

I risultamenti delle mie esperienze sono registrati nella seguente tabella:

1° Corrente di primo ordine.

Bottiglia B.	5° H. 10°	nessun magnetismo. Furono fatte dodici esperienze.
	12° 15° 20° 25° 30°	magnetismo indicante la corrente indotta diretta nel medesimo senso dell'inducente.

2.° Corrente di secondo ordine.

a) Spirale indotta di primo ordine aperta.

Bottiglia B. 5° H. 10° 12°	nessun magnetismo nella spirale indotta di secondo ordine. L'esperienza fu rinnovata dodici volte.
15° 20° 25° 30°	magnetismo crescente e comprovante che la corrente indotta di secondo ordine era diretta nel medesimo senso dell'inducente originaria.

b) Spirale indotta di primo ordine coi capi vicini in modo che avesse luogo il salto della scintilla.

Bottiglia B. 2° $1/_2$ H. 5° 10° 15° 20° 25° 30°	magnetismo indicante la corrente indotta di secondo ordine opposta alla corrente originaria.

Vuolsi avvertire, che ai capi della spirale indotta di primo ordine ebbe sempre luogo il salto della scintilla.

c) Spirale indotta di primo ordine coi capi chiusi.

Bottiglia B. 2° $1/_2$ H. 5° 10° 12° $1/_2$	nessun magnetismo nella spirale indotta di secondo ordine.

15° 20° 25° 30°	magnetismo sensibile indicante la corrente indotta di secondo ordine opposta all'inducente originaria.

3° Corrente di terzo ordine, colla spirale indotta di primo ordine sempre chiusa.

a) Spirale di secondo ordine aperta.

Bottiglia B 5° H. 10° 15° 20°	nessun magnetismo sensibile nella spirale indotta di terzo ordine.
25°	magnetismo sensibile indicante la direzione della corrente indotta opposta all'inducente originaria.
30°	frequenti esplosioni fra le due spirali inducente ed indotta di primo ordine, che rendevano o incerti o nulli gli effetti.

b) Spirale di secondo ordine coi capi vicini in modo che potesse aver luogo il salto della scintilla.

Bottiglia B. 5° H. 10° 15° 20° 25° 30°	il magnetismo nella spirale di terzo ordine indicò che la corrente indotta era opposta all'inducente originaria.

Fra i capi della spirale di secondo ordine non apparve il salto della scintilla bene distinto.

c) Spirale di secondo ordine coi capi chiusi metallicamente.

Bottiglia B. 5° H.	nessun magnetismo nella spirale di terzo ordine. L' esperienza fu ripetuta settanta volte.
10°	
15°	
20°	
25°	
30°	
35°	

Alla bottiglia B, sostituita la bottiglia C, alla tensione 30°H ebbi negli aghi magnetismo sensibile indicante che la direzione della corrente indotta di terzo ordine era opposta alla direzione della corrente originaria. La capacità adunque della bottiglia influì sulla produzione del magnetismo.

Disposte poi cinque spirali in un piano orizzontale, in modo che la indotta di primo ordine fosse distante dall' inducente originaria di due centimetri, e le altre collocate al minimo di distanza fra loro, colla bottiglia C caricata a 24°H, ebbi magnetismo distinto in tutti gli aghi: il magnetismo della corrente indotta di primo ordine indicava che era diretta nel medesimo senso dell' inducente originaria: ed il magnetismo delle altre spirali indicava che le correnti di secondo, terzo, quart' ordine erano dirette in senso opposto all' inducente originaria.

Da queste esperienze appare manifesta l'influenza del salto della scintilla nella produzione dei fenomeni magnetici; influenza che si appalesa anche manifesta nella produzione di molti altri effetti.

Raccolgo impertanto dalle indicazioni datemi dagli apparati descritti elettrometrici ed elettroscopici le seguenti conclusioni:

1. Le spirali o i circuiti metallici laterali indeboliscono la tensione della corrente leido-elettrica.

2. L'intensità della corrente secondaria varia proporzionalmente all'intensità della corrente originaria.

3. L'intensità della corrente d'induzione può essere infievolita o con la interposizione di un disco metallico, di una spirale chiusa fra l'inducente e l'indotta; od infievolita, neutralizzata e rinvigorita col far circolare la corrente originaria in due spirali, fra le quali trovasi l' indotta. Nelle due spirali la corrente inducente può circolare in senso opposto, per esempio nell' una dalla periferia al centro, e nell'altra dal centro alla periferia, e non essere equidistanti dalla spirale indotta: in questo caso vi è infievolimento della corrente indotta; od essere le spirali inducenti equidistanti dall' indotta, e in questo secondo caso vi è neutralizzazione delle due induzioni: o la corrente originaria può circolare nel medesimo senso nelle spirali inducenti, le quali sono equidistanti dall'attuata, e vi ha rinvigorimento della corrente indotta.

4. La capacità e la tensione della bottiglia hanno potenza di dare successivamente la corrente indotta di primo ordine diretta in sensi opposti.

5. La conducibilità del conduttore attuante concorre ad invertere la direzione della corrente, e non così la conducibilità dell' àttuato, entro i limiti delle mie esperienze.

6. I diaframmi metallici invertono la direzione della corrente indotta di primo ordine.

7. Nelle atmosfere dinamiche leido-elettriche esistono i limiti delle due opposte induzioni.

8. Le correnti d' induzione di secondo, terzo, quart' ordine hanno una direzione opposta alla corrente d'induzione di primo ordine.

CAPO TERZO.

§ 157. *Delle induzioni dinamiche Termo-elettriche.*

Il sig. commendatore *Antinori*, nell'aprile del 1836 ottenne la scintillazione della corrente originaria termo-elettrica, col mezzo di una spirale elettro-di-

namica e di una calamita temporaria; il che ebbe a ripetere il sig. prof. *Linari* con alcuni altri particolari fenomeni; dei quali si è detto alla Sezione del termo-elettrico. Il *Linari* avvisò che nell' esperienza dell' *Antinori* v'intervenga l' influenza dell'induzione: *d'après ce que nous savons des courants électriques, il y a raison de supposer qu'un courant qui circule dans des voies tout à fait métalliques, ne peut pas échapper à l' influence de l' induction.* Questa stessa osservazione fece pure posteriormente il sig. prof. *Gherardi.* La scintillazione, egli dice, fu ottenuta dalle correnti termo-elettriche dal sig. cav. comm. *Vincenzio Antinori.* Ma pare che sia una scintillazione l'induzione di queste correnti sopra sè stesse, alla quale aggiungendo l' induzione di una calamita temporaria, quella scintillazione deve essere, ed è in realtà, grandemente eccitata; i fisici non avevano peranco ottenuto le correnti indotte prodotte in un circuito metallico chiuso, allo stabilirsi e al cessare di una corrente termo-elettrica in un altro circuito vicino a simiglianza delle correnti indotte che si producono in forza dell' elettricità Voltiana; per cui nel 1840 il celebre *Becquerel* tuttavia scriveva: « Tous les courants électriques doivent produire des effets d'induction, c'est un fait qui est aujourd'hui bien établi; mais il restait à démontrer que les courants thermo-électriques jouissent egalement de cette propriété. Voici comment M. *Zantedeschi* l' a prouvé. Des fils de cuivre, entourés de soie, ont été enroulés dans des directions déterminées, autour de morceaux de métal cristallisé, et leurs extrémités mises en rapport avec un multiplicateur. On a plongé tantôt l' une, tantôt l' autre surface de chaque morceau de métal dans de l'eau à le température de 30 à 50°, l' aiguille aimantée, par sa déviation, annonçait la production d' un courant, dont le sens dépendait de la surface plongée et de l' état cristallin du morceau. Dans un morceau de bismuth qui avait six faces et du poids d'un kil.,

M. *Zantedeschi* a obtenu sur quatre des surfaces opposées, prises deux à deux, deux courants dirigés en sens contraire, et dans les deux autres surfaces pareillement opposées, deux courants qui faisaient dévier l'aiguille du même côté. En présentant une arête à la source de chaleur et inclinant le morceau de métal plus d'un côté que de l'autre, il a obtenu dans la spirale des courants qui faisaient dévier l'aiguille tantôt à gauche, tantôt à droite. Dans un morceau d'antimoine semblable au précédent et d'un poids égal, il a eu sur quatre des faces des déviations de même côté, et sur les deux autres des déviations du côté opposé. Avec des parallelipipèdes rectangles d'antimoine et de bismuth, on a trouvé sur les faces opposées des courants dirigés en sens inverse. »

Ma perchè taluni de' fisici amavano tuttavia qualche nuovo esperimento, che mettesse in maggior luce l'esistenza dell'induzione prodotta dalle correnti termo-elettriche, io aggiunsi il seguente esperimento, che in via di lettera diressi al sig. conte di *Saluzzo,* perchè nella sua qualità di presidente generale, lo comunicasse alla Riunione Scientifica de' Naturalisti Italiani in Torino. » Presi due fili di rame del diametro di un millimetro bene vestiti di seta e della lunghezza ciascuno di cinquanta metri, e dispostili a mutuo contatto, li avvolsi simultaneamente formando una spirale circolare cava, il cui diametro era di tre centimetri e la lunghezza di dieci prossimamente. Ho compiuto il circolo coi capi di uno di questi fili con un sensibilissimo galvanoscopio astatico; e coi capi del secondo filo ho chiuso il circuito coi poli di una Pila termo-elettrica costrutta nelle officine di Londra, che io m'ebbi dalla cortesia del R. P. *Raffaele Trenz*, professore nel collegio Armeno in Venezia, la quale dava la scintilla e si prestava ai principali fenomeni elettro-magnetici. All'atto che io compiva il circolo con la Pila termo-elettrica, l'ago si sviava di 25° dalla sua posizione, e il movimento

indicava che la corrente indotta era diretta in senso opposto a quello dell'inducente. E all' interrompersi del circolo con la Pila termo-elettrica, l'ago si sviava dal lato opposto, e il suo movimento indicava che la corrente indotta si dirigeva nel medesimo senso dell'inducente. A mano a mano che l' azione termica s'indeboliva, l'ago segnava deviazioni minori. La Pila termo-elettrica aveva da un lato le sue saldature a contatto del ghiaccio pesto frammischiato a sale di cucina, e dall' altro le opposte saldature al minimo di distanza da una grossa lastra di ghisa dello spessore di tre centesimi innalzata alla temperatura del calor rosso.

Questa mia lettera fu letta alla sezione di fisica nell' adunanza del 28 settembre; ma negli atti il segretario *Belli* non disse che cosa ella contenesse, e solo lo si raccoglie da un obbietto mosso contra dal prof. *Pacinotti*, che affermò che il fenomeno d'induzione delle correnti termo-elettriche citato dal prof. *Zantedeschi*, era già stato ottenuto dal sig. commendatore *Antinori*, il quale riuscì persino a trarre la scintilla; e nella relazione data alla Biblioteca Universale di Ginevra, il *Belli* scrisse che io mi occupava unicamente di esperienze elettromagnetiche, ed ommise la comunicazione che feci delle correnti di induzione termo-elettriche; e susseguentemente il *Majocchi* ne' suoi *Annali di fisica* ecc., attribuì al *Pacinotti* la produzione di una corrente secondaria in virtù di una primaria termo-elettrica, manifestando essere un fatto nuovo analogo a quello dell'induzione Voltaica, ed avvalorò la sua sentenza coll' autorità del *Belli*. Il *Pacinotti* adunque dichiarò l' induzione termo-elettrica essere scoperta dall'*Antinori*, il *Majocchi* l' attribuì al *Pacinotti*, e il sig. segretario *Belli* nella sua modestia si tacque. Ecco quanti imbrogli e raggiri per carpirmi questa esperienza, che in fine il *Belli*, con sua lettera del 6 gennajo 1841 scrittami da Padova, fu costretto confessare essere a me dovuta; ma frattanto si ha un saggio della loro erudizione ed esattezza.

Finalmente il sig. *Dove* dalle correnti termo-elettriche avvalorate da una calamita elettro-magnetica, giunse ad avere i fenomeni delle scosse. Egli pure si avvide che queste correnti si comportano esattamente come quelle d'induzione Volta-elettrica.

Di altre specie d' induzioni io dirò nelle seguenti Sezioni.

CAPO QUARTO

§ 158. *Della Teoria delle induzioni dinamiche.*

I fenomeni d' induzione dinamica non sono che casi speciali dei comuni effetti delle attuazioni ordinarie. Questa sentenza l' ebbi sempre ad esprimere in ogni mio scritto parlando delle attuazioni elettro-elettriche e magneto-elettriche. Ma i fisici non seppero collegare questi nuovi fenomeni cogli ordinarj, ancorchè si fossero accorti della tensione che si manifesta nelle diverse parti del filo congiuntivo; per cui nel 1844 *Elia Wartmann* ebbe a dire che una teoria generale delle induzioni manca ancora alla scienza. Io esporrò impertanto in quattro articoli le principali esperienze de' fisici.

ARTICOLO I.

§ 159. *Delle esperienze di Configliacchi e Brugnatelli.*

I primi che discopersero lo stato elettrico di tensione nel filo congiuntivo, furono i signori *Configliacchi* e *Brugnatelli Luigi*, professore nell' I. R. Università di Pavia.

« Nessuno, essi osservavano, tra gli ingegnosi sperimentatori ed attenti osservatori in questo nuovo genere di fisiche ricerche ignora certamente, che le residue tensioni elettriche, che si riscontrano nei poli della Pila, allorchè un corpo imperfetto conduttore forma l' arco di unione dei medesimi, si

estendano del pari dall'una parte e dall' altra allo stesso conduttore, affievolendosi esse però di mano in mano sulle diverse parti dell' arco al crescere delle distanze dalle medesime ai poli rispettivi. E siccome una Pila perfettamente isolata ed uguale nella costruzione degli elementi che la compongono, non ha tensione elettrica cimentata alla metà del numero delle sue coppie: così parimente l'arco conduttore quando sia *omogeneo* in tutta la sua lunghezza rapporto alla sua *conducibilità elettrica*, è a zero di tensione alla sua metà: allontanandosi da questo punto, dalla parte del polo positivo si riscontra la tensione positiva di mano in mano crescente accostandosi al polo; dalla parte opposta sorge invece la crescente tensione negativa.

« Ella è facil cosa l'istituirne di ciò l'esperimento, ponendo a formar l' arco conduttore tra gli estremi dell'apparato un nastro p. e. di filo, o una listarella di tela, o di carta ugualmente larga in tutta la sua lunghezza ed ugualmente bagnata in uno stesso fluido, come acqua, e perciò pochissimo conduttrice. Applicato il condensatore alla metà del nastro o della listarella, e poi trasportato all'elettrometro, la tensione elettrica trovasi a zero, ossia non vi ha tensione alcuna, mentre applicandosi invece lo stesso condensatore al di qua o al di là dalla metà dell'arco, la tensione scorgesi abbastanza sensibile, positiva da una parte, negativa dall' altra.

Trovandosi l' apparato disposto in questa guisa, se una persona tocca al modo di *Erman* con una mano o con un corpo qualunque non coibente l'arco nel punto della sua metà, si abbassa ugualmente la tensione dei due poli in proporzione della conducibilità del corpo posto al contatto, che dà sfogo alla corrente elettrica dall'una all'altra parte ugualmente, ed il nuovo residuo di tensione sui capi della Pila è ancora uguale e contrario, come era prima dell'indicato toccamento.

« Non così però avviene, se l' arco toccasi più

verso l'un polo che l'altro: in questo caso distruggendosi pel contatto in maggior grado la tensione del polo più vicino, maggiormente elevasi quella del polo opposto, ossia più lontano.

« Che se il corpo semiconduttore ossia l'arco invece di essere omogeneo riguardo alla sua facoltà conduttrice è più differente da un lato che dall' altro, per quella qualunque siasi cagione, che può determinare la sua maggior conducibilità, in una parte piuttosto che nell' altra della sua lunghezza: come potrebbe accadere o perchè sia più ampio, o più bagnato, ovvero perchè posto a maggiore o più perfetto contatto coll'un polo che coll'altro; allora lo zero di tensione non corrisponde più alla sua metà, ma è tanto più lontano da questa, quanto è maggiore la differenza di conducibilità tra l' una parte e l' altra del medesimo. Anzi talora può una tale differenza essere sì grande tra le parti dell'arco conduttore, che lo zero di tensione si ritrovi su l'un polo della Pila, che è quanto dire alla massima distanza dalla metà, e la tensione del polo opposto al suo massimo.

In questo caso la persona che tocca l' arco conduttore nel punto di mezzo della sua lunghezza non scarica più ugualmente l' un polo che l' altro: ma scarica tanto più quello, la cui tensione si estende nel luogo, dove essa introduce la comunicazione.

Tutto ciò non è del pari che il risultato dei fatti, che si ottengono per mezzo di facili esperienze, mettendo cioè a contatto dei due poli, nastri o listarelle di diversa ampiezza nella loro lunghezza o più inzuppate da una parte che dall' altra, o inzuppate in liquori diversamente conduttori, o finalmente poste a più perfetto contatto coll'un polo che coll'altro della Pila; essendo queste piccole variazioni nell'arco conduttore elementi tutti che alterar debbono la di lui conducibilità elettrica.

» Che se si colloca un altro nastro, o listarella di tela o di carta bagnata a cavallo dell' arco conduttore alla metà, o su diversi punti della sua lun-

ghezza, che discenda nel tempo stesso sino a toccare il terreno bastantemente conduttore; esperimentata la tensione residua dei poli della Pila, si avranno dei risultati del tutto uguali a quelli, che noi abbiamo or ora descritti.

» Una persona la quale tocca con una mano l'un polo della Pila, e coll'altra il polo opposto, posando i piedi sopra corpi bastantemente conduttori, non essendo quasi mai nelle parti superiori del suo corpo che formano l'arco di unione, ugualmente conduttrice, o perchè quelle p. e. non sono in ugual grado di traspirazione, o perchè non ugualmente furono prima poste in movimento, presenta il più delle volte da per sè sola in un modo facile e parlante tutti questi diversi fenomeni, quando da un'altra persona sia cimentata per mezzo del condensatore applicato all'elettrometro, a fine di rilevarne la diversa tensione dei capi della Pila, e delle diverse parti del suo corpo disposte nel modo indicato. »

Da questo stato di tènsione elettrica del filo congiuntivo si derivano i deviamenti, che ottenne il *Marianini* tanto con la elettricità Voltiana, esplorata col moltiplicatore, che con la leido-elettrica riconosciuta col reelettrometro. Congiunti i poli di un elettromotore con un filo metallico, i due estremi di un filo reometrico faceva egli comunicare con due punti del primo, non troppo vicini fra loro: vide che la porzione deviata era più grande quando detti punti erano più discosti l' uno da l' altro; appresso vide, che anco della porzione della corrente, che invadeva questo secondo filo, se ne poteva deviare una parte mediante un terzo filo metallico comunicante coi suoi capi con due punti del secondo filo non molto vicini fra loro, e che anche da questo terzo filo si poteva deviar parte della corrente mediante un quarto filo. Altrettanto egli ottenne con la scarica della bottiglia di Leida, ove notò che i capi del filo destinato a deviare porzione della corrente, non è necessario che sieno a contatto metallico; ma che basta

che vi sia uno strato deferente, liquido anco dotato di poca conducibilità, come è l'acqua distillata, tra i detti capi e il conduttore, o piccoli strati d'aria, che separano quelli da questo. Di siffatti sviamenti in quest'ultimo caso ne veniva avvertito dal salto della scintilla, che si manifestava ai due capi del filo metallico deviante. Di queste correnti di derivazione posteriormente ne scrissero *Faraday*, *Henry*, *Masson* ed altri fisici.

ARTICOLO II.

§ 160. *Delle esperienze di Masson e Breguet.*

Nel 1841 i signori *A. Masson* e *Breguet* figlio videro che l'elettricità dinamica può essere tramutata in elettricità statica e viceversa, da aversi segni cospicui al condensatore tanto dalle correnti di derivazione quanto da quelle d'induzione e scosse fortissime o nulle, secondo le estremità de' fili con le quali lo sperimentatore compie il circolo, non altramente di quello che avviene con due bottiglie di Leida cariche, che si impugnano nelle opposte armature, o in quelle del medesimo nome: e da questi fatti conchiusero, che al momento dell'interruzione del circolo i due fili sono nelle medesime condizioni che trovansi due bottiglie di Leida cariche; e che tutto avvenga come se al momento in cui si apre o si chiude il circuito, le estremità della corrente principale sieno cariche di elettricità statica di segno contrario, la tensione della quale venga accresciuta per la disposizione dei fili in elica e per la corrente che al momento dell'interruzione si trasforma in elettricità statica, la quale agisca per influenza sul filo vicino.

Per tal modo i fenomeni d'induzione prodotti dalle correnti non differiscono dai fenomeni delle elettricità delle ordinarie macchine, che per la lunghezza dei conduttori e la loro disposizione; e de-

vono essere sommessi alle leggi che governano questi ultimi fenomeni.

Egli è probabile che se l'induzione non si manifesta che al momento in cui si apre o si chiude il circuito, si derivi da ciò, che a quest' epoca l'elettricità statica acquista una tensione, che non ha mentre il filo è attraversato dalla corrente. Potrà essere che si ritrovi impiegando delle correnti più intense, che anche allorquando un filo è la sede di un' azione dinamica produca delle azioni statiche e metta un filo vicino in uno stato elettrico contrario, come si vede in un conduttore isolato collocato in presenza di un corpo elettrizzato; effetto che si dee riconoscere in un corpo qualunque influenzato; qualunque sia la sua forma, i fenomeni d' induzione diverrebbero allora un caso particolare della elettricità per influenza.

Il *De la Rive* ammette bensì che i fenomeni delle induzioni sieno l' effetto delle tensioni elettriche che si sviluppano alle due estremità del lungo filo al momento che si apre il circuito; ma partendo dall'idea dei due fisici francesi, che il filo che è la sede della corrente elettrica non ha tensione, vuole che le induzioni, che si hanno avvicinando o spostando un filo conduttore in istato naturale ad altro che mena una corrente elettrica, si debba da altra cagione ripetere diversa dalla tensione, e che tale sia pure il caso di una calamita, che presenta un circuito costantemente chiuso: ma la falsità di questa idea è smentita intieramente dalle esperienze superiormente recate dai due illustri professori di Pavia; per cui tutti i fenomeni d' induzione dinamica rientrarono in quelli d'induzione statica.

I casi d' induzione dinamica si riducono a due: 1.° fermo il filo indotto, si chiude e si apre il circuito inducente: 2.° chiuso il circuito inducente, si avvicina o si allontana il filo indotto. Il primo di questi due casi rientra in quello della elettricità statica, in cui fermo il conduttore isolato, si carica

o si scarica il bevitore della macchina elettrica; il secondo poi rientra nell'altro, in cui il bevitore della macchina elettrica è carico e si avvicina e susseguentemente si allontana il conduttore isolato: lo spostamento dell' elettrico avviene negli istanti della carica e della scarica del corpo attuante, e negli istanti del movimento del conduttore attuato; ai quali si possono aggiungere quelli di una variazione di carica del corpo inducente; negli altri intervalli vi è elettricità statica, stagnante o di semplice tensione: tensione che io osservai nel 1836 in un filo isolato perfettamente immobile in faccia ad una magnete; nel 1840 nei capi isolati di una spirale, che era immobile nell'atmosfera attuante di altra spirale, che menava una corrente Voltiana: per cui io conchiusi che tutti i casi d'induzione fino ad ora conosciuti sono preceduti da tensione elettrica, dalla quale come da cagione si devono ripetere. La direzione poi della corrente indotta si deriva dallo stato dinamico dell' atmosfera attuante, nella quale si ritrova il filo attuato. Se il filo indotto è nell' atmosfera, che opera da A verso B, ovvero che sia in A positivo e in B negativo, o in altre parole, che la corrente positiva sia diretta da A verso B, anche nel filo indotto la corrente moverà da A verso B. Se il filo indotto trovasi nell' opposta atmosfera, in cui l' elettrico è diretto da B, verso A, egli verrà per influenza investito da una corrente parimente diretta da B, verso A, cioè opposta alla corrente del filo inducente. Se finalmente il filo si trova nel limite delle due opposte atmosfere rimane in istato naturale. È dallo stato dinamico di queste opposte atmosfere, che io ripeto i fenomeni di magnetizzazione ottenuti dal *Savary*, sperimentando a distanze differenti.

ARTICOLO III.

§ 161. *Delle esperienze di Marianini.*

Veggo ora con la massima compiacenza, che il modo da me adottato per ispiegare le induzioni dinamiche, è pienamente seguito dall'illustre elettricista prof. cavaliere *Marianini* all' appoggio di speciali esperienze le più luminose. Mi è caro di rendere la dovuta giustizia a sperimentatore così diligente e sagace. Non posso a meno di non ricordare coll'egregio *Grimelli*, che queste esperienze riscontransi negli Atti del Congresso Fiorentino accatastate nella più incomposta farragine di discorse materie; e che ormai necessiterebbe provedere alla dignità della storia di simili Congressi scientifici adoperando con pari zelo e rigore, piuttosto per la scelta di quello che per la copia degli uomini e delle cose; altrimenti la Storia in ciò additerà ai posteri, con disdegnose parole, a lato dei veri dotti e degli utili loro documenti, i più oscuri nomi e le memorie più vane.

Ecco in qual modo ragiona il professore *Marianini* nella sua interessantissima Memoria, esponendo la nuova teoria sulle induzioni dinamiche.

« Egli è noto che il *Faraday* inventò un nuovo stato elettrico della materia, cui disse stato elettrotonico per ispiegare quel fenomeno da lui scoperto; e che due dotti italiani, i signori *Nobili* ed *Antinori*, lo supposero dipendente da uno spostamento recondito di molecole, che la corrente Voltaica produce nel filo metallico vicino ad essa. Se io non m' inganno, non è necessario correre a nuove ipotesi, o a nuove proprietà dell' elettrico, per ispiegare il fenomeno di cui si tratta; ma bastano a tale spiegazione le note leggi della elettricità d'induzione o attuazione. Io penso adunque che, siccome la corrente d' induzione che osservasi al chiudere del circolo Voltaico viene attribuita alla tensione che il filo

congiuntivo fa nascere ne' successivi punti del filo vicino ad esso; così anche la corrente inversa che ha luogo all' aprirsi del detto circolo si possa attribuire a tensione contraria, che deve nascere in quell'atto nel filo metallico vicino. Io penso che tutto provenga da spostamento di elettricità, e che altro in fine in tali fatti non vediamo se non se fenomeni del tutto simili, per non dire uguali, ai noti fenomeni di elettricità che il *Volta* chiamava di pressione o di attuazione. Ecco qualche ragionamento e qualche esperienza che sembranmi appoggiare la mia opinione.

« Nel momento che si chiude il circolo Voltaico, per la tensione che il filo acquista successivamente ne' suoi diversi punti, nasce nel filo vicino che diciamo faradaico, uno spostamento di elettricità, una tensione, che il *Volta* direbbe accidentale, tensione la quale, avendo luogo successivamente nei differenti punti di sua lunghezza, imita una corrente, ed il galvanometro ne dà segno. Ma cosiffatta tensione viene presto bilanciata dalla elettricità reale e contraria che il filo faradaico riceve dai corpi vicini; quindi la brevissima durata di quella corrente. Cessa la tensione accidentale per la cessazione o l' allontanamento della corrente Voltaica? ecco che emerse la tensione successiva o corrente reale e contraria, la quale pure fa mostra di sè solo per pochi istanti, perchè l'elettrico si trasfonde tosto ai corpi vicini e il filo faradaico è ridotto allo stato naturale. Ma se la cosa procede così come io mi figuro, se la corrente Voltaica non fa che costituire in tensione accidentale il filo faradaico, essa lo costituirà in tale stato pur anche quando non sia chiuso, benchè in questo caso non può aver luogo veruna ripetizione di quella tensione successiva, veruna corrente. Poco dopo la tensione reale opposta, che quel filo acquista dai corpi circostanti lo costituisce allo stato di equilibrio. Dunque se io interromperò il circolo Voltaico cesserà nel faradaico l' equilibrio

ed immergerà la tensione contraria: e perciò se io sarò così sollecito a chiudere quest' ultimo circolo prima che la sua elettricità passi ai corpi vicini, io dovrò avere al galvanometro il solito indizio nella corrente indotta, che nasce quando cessa la corrente Voltaica, essendo chiuso il circolo faradaico. E questo lo vidi confermato dalla esperienza che son per descrivere.

« Stando aperto il circuito faradaico ho chiuso il Voltaico, nè vi fu alcun movimento nell' ago come era ben naturale di aspettarsi. Ma interrotto il circuito Voltaico, e subito dopo chiuso il faradaico, il galvanometro deviò di cinque gradi e la qualità della deviazione indicava una corrente indotta nel filo faradaico, diretta nello stesso verso di quella che si ottiene quando si apre il circuito Voltaico, mentre è chiuso l' altro. Bene inteso che nell' esperimento ora descritto la deviazione è più piccola, e per poco che non sia veramente breve l' intervallo tra l' aprirsi di un circuito e il chiudersi dell' altro, non v' ha più indizio di corrente.

« Per eseguire con celerità l' interruzione di un circuito ed il chiudimento dell'altro, feci adattare un' alta lena con appendici metalliche alle due estremità, ed in modo che, quando le appendici a destra pescavano in una vaschetta di mercurio, era chiuso il circuito Voltaico, e quando le appendici a sinistra pescavano in un' altra, riusciva chiuso il Faradaico. E per dare un'idea della velocità con cui succedevano l' una all' altra le due dette operazioni, dirò che quando l' appendice che chiudeva il circuito Voltaico era sollevata dal mercurio in cui prima pescava, ed a segno che era saltata la scintilla, l' appendice sinistra era ancora distante d'un millimetro dal mercurio nel quale andava a pescare per chiudere il circolo faradaico, ed il movimento dell' alta lena veniva eseguito bruscamente.

« E che dovrà egli accadere quando essendo interrotti ambi i circuiti, io chiudessi prima il Voltaico,

ed un momento dopo il faradaico? Nell' istante che il circolo Voltaico si chiude, nasce nel faradaico l' elettricità accidentale, la quale va tosto ad equilibrarsi per l' elettricità eguale e contraria che i corpi vicini le somministrano. Se dunque prima che tale equilibrio sia conseguito noi chiudiamo il circolo faradaico, avremo indizio della tensione successiva o della corrente, che tale afflusso di elettricità produce nel filo. E il galvanoscopio indicherà una corrente simile a quella che si ottiene aprendo il circuito Voltaico, mentre il faradaico è chiuso. L' esperimento confermò pure questa deduzione.

« Ho aperto il circuito faradaico, cioè ho tolta la comunicazione fra l' elica attuata ed il galvanometro: indi ho chiuso il circuito Voltaico e subito dopo anche il faradaico; e la deviazione del galvanometro fu di dieci gradi, e contraria a quella che si osserva quando si chiude il primo de' detti circuiti, mentre l' altro è già chiuso.

« Se il tempo che trascorreva tra il chiudere il circuito inducente o Voltiaco, e il chiudere il faradaico era di mezzo minuto secondo, la deviazione era nulla; se meno, la deviazione era immancabile, e tanto più grande quanto era più breve il detto intervallo di tempo.

« Questo esperimento riesce più facilmente, e con deviazioni più grandi, che non il precedente.

« Come spiegare i risultati di questo esperimento coll' ipotesi dello stato elettro-tonico del signor *Faraday*? Perchè chiudendo il circuito faradaico dopo mezzo minuto secondo che è chiuso il Voltaico, non abbiamo indizio di corrente? Diremo forse che per essere il circuito faradaico aperto si richiede quel tempo per costituirlo nel detto stato? No; perchè se così fosse, chiudendo il detto circuito più presto, dovrebbe vedersi un' induzione più debole sì, ma diretta come quando è già chiuso il detto circuito nel momento che si chiude, o se gli avvicina il Voltaico, e noi otteniamo invece un' induzione diretta al con-

trario. Diremo forse che chiudendo il circuito Voltaico mentre l' altro è aperto, non abbia ad aver luogo in questo lo stato elettro-tonico nè presto nè tardi? neppure; perchè contro tale proposizione starebbe il primo de' due sperimenti ora descritti. Ma nella supposizione da noi fatta, sembra che questi fenomeni si spieghino senza grande difficoltà.

« Termino coll' addurre un' esperimento, col quale io soglio imitare in certo qual modo coll'elettroscopio gli stati elettrici, in cui si costituisce il filo faradaico al compiersi, o all' interrompersi il circuito Voltaico vicino ad esso.

« Preparo un elettroscopio di *Bonemberg* in modo che la foglia d' oro pendente fra i poli della Pila zamboniana sia tanto lontana da essi che, col portare alla distanza d' un decimetro dalla sommità dello stromento un pezzo di cera lacca o di vetro elettrizzato, la detta foglia pieghi dall' una o dall' altra parte senza toccare il polo a cui si avvicina, e senza accostarsi ad esso al segno da assorbire facilmente l' elettricità. Ciò fatto, congiungo la sommità dello stromento col tavolino non isolante, sul quale si trova, mediante una striscia di carta larga tre o quattro centimetri e lunga poco più di due decimitri. Indi avvicino rapidamente alla sommità dell' elettroscopio, e ad un decimetro di distanza, un poco di vetro elettrizzato, e la foglia d' oro piegasi tosto verso il polo negativo della Pila: ma dopo un momento ripiglia la posizione verticale, e rimane in tale posizione finchè il vetro sta presso lo stromento. Allontano poscia rapidamente il vetro, e tosto la foglia d' oro piegasi verso il polo positivo della Pila, e torna poi in brevi istanti alla sua posizione naturale.

« Nella prima parte di questa esperienza abbiamo come l' embrione o l' elemento della corrente l' induzione Volta-elettrica, che ha luogo nel momento che si chiude il circuito Voltaico : e questo dura solo per pochi istanti perchè la carta permette che la foglia d' oro venga equilibrata nel suo stato elettrico dalla elettricità opposta somministrata dai corpi vicini.

« Nella seconda parte, cioè in tutto il tempo che si lascia il vetro attuante vicino all' elettroscopio, io veggo nella foglia d' oro quello stato medesimo in cui si trova il filo faradaico finchè sta chiuso il Voltaico e che il dotto Inglese disse *stato elettro-tonico*; ed io direi di avere un fenomeno di *elettro-statica propriamente detta*; perchè in questo èsperimento il vetro, ed in quello di *Faraday* il filo congiuntivo, elettrizza in un senso, ed i corpi circostanti elettrizzano in senso contrario ed in egual grado, là il filo attuato, e qui la foglia d' oro.

« Nella terza parte finalmente io veggo l' elemento della corrente faradaica, la quale sviluppasi nel momento in cui cessa di agire sul filo attuato la corrente Voltaica ».

Da tutto questo conchiude il *Marianini*, che la supposizione di uno stato elettro-tonico del filo faradaico durante il circuito Voltaico non sembra adattata a spiegare tutti i fenomeni che in esso filo abbiamo osservati; e che i fatti relativi alle induzioni Volta-elettriche si possono spiegare con meno difficoltà, considerandoli come modificazioni dei fenomeni noti di tensione prodotta dall' attuazione elettrica.

L' elettromotore adoperato dal *Marianini* in queste ed in altre esperienze descritte nella sua Memoria, è di 18 coppie alla *Wollaston*, le cui piastre di zinco pescano nel liquido, che è acqua con un trentesimo di acido nitrico ed altrettanto acido solforico, per una superficie di 18 pollici quadrati.

ARTICOLO IV.

§ 162. *Delle esperienze di Elia Wartmann.*

Elia Wartmann nel suo lavoro su diversi fenomeni d' induzione, riferisce che le deviazioni dell' ago prodotte dalla corrente indotta sono indipendenti dalla quantità di gas che s' introduce nella campana, nella quale sia stato fatto il vuoto il più perfetto. Le espe-

rienze furono ripetute a diverse riprese, incominciando dal vuoto migliore e procedendo fino alla pressione ordinaria di 0^m, 725 per Losanna. Le differenze di pressione crescente per ogni esperimento erano di 0^m, 025 nell' altezza della colonna mercuriale, che misurava la tensione elastica dell'aria interna.

Ma per la induzione statica non è lo stesso. Il *Faraday* precipuamente si occupò di questo argomento e determinò il rapporto che esiste tra la pressione atmosferica e l' induzione statica. Ma è merito di *Wartmann* di avere arricchita la fisica di una nuova osservazione. Egli notò che non ha luogo alcuna scintilla luminosa fra due carboni collocati nel vuoto il più perfetto, allorchè la scarica di una bottiglia di Leida di mezzana dimensione e caricata a saturazione si compie istantaneamente, e che si manifesta una scintilla brillantissima prolungandone la durata della scarica col mezzo di una punta. Questo fatto comprova, come dimostrano molte altre esperienze (1), che al passaggio dell' elettrico si ricerca la presenza della materia conduttrice, la quale stabilisce come il veicolo o la via della trasfusione. Colla punta a poco a poco si trasporta della materia, si stabilisce l' arco di comunicazione sul quale appresso si trasfonde l' elettrico sotto forma di brillante scintilla.

SEZIONE OTTAVA.

§ 163. *Della Elettricità Animale*

Per elettricità animale s' intende quella che si rende manifesta sotto l' influenza della vita fisiologica negli organi degli animali. Essa sarà da prima considerata

(1) *Zantedeschi, Del trasporto di materia pesante nelle due opposte correnti dell' apparato Voltiano, della loro natura e del moto vorticoso o a spirale dell' arco luminoso. Annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneto B. V e VI, anno 1844.*

ne' pesci, che sono comunemente riconosciuti elettrici; di poi negli altri animali, che non danno sensibili indizii di elettricità.

CAPO PRIMO

§ 164. *Dei Pesci Elettrici.*

I pesci che sono riconosciuti comunemente elettrici, sono: 1.° La *Raja Torpedo di Linneo* di cui se ne trovano descritte più specie, cioè la T. *Narck.* la T. *Galvani*, la T. *Nabiliana* e la T. *Occidentalis* di *Storer* delle coste del Massachussets in America: 2.° Il *Silurus Electricus*: 3.° Il *Gimnotus Electricus*: 4.° Il *Tetraodon Electricus*. Della potenza elettrica del *Trichiuro Indico* ne dubitano taluni.

Fra questi pesci furono a preferenza istudiati la torpedine e il ginnoto; e tra questi due in modo speciale la torpedine. A questa soprattutto io rivolgerò le mie ricerche, che possono essere in quattro articoli comprese: 1.° Della descrizione degli apparati elettrici: 2.° Degli effetti elettrici: 3.° Della natura degli apparati elettrici: 4.° Delle induzioni ictio-elettriche. Pel di più il lettore è pregato a consultare le opere di quei scrittori che ne hanno tessuto l'istoria.

ARTICOLO I.

§ 165. *Della Descrizione degli apparati elettrici.*

Nella descrizione degli apparati elettrici noi vedremo: 1.° Quale sia la struttura degli organi detti comunemente elettrici: 2.° Quale sia in essi la distribuzione de' filamenti nervosi: 3.° da quali masse cerabrali si dipartano i nervi elettrici e in quali irraggino.

Gli organi detti comunemente elettrici variano in numero ed in posizione nei diversi pesci elettrici. Nella torpedine sono due e collocati ai due lati della

testa, che dal *Redi* furono detti *corpi falcati*. Nel ginnoto sono quattro, due grandi e due piccoli. I primi sono collocati al di sotto della vescica natatoria e dei muscoli vertebrali, e i due piccoli all' infima regione della coda. Nel siluro l' organo elettrico è posto immediatamente al di sotto della pelle e si distende tutto all' intorno del corpo. Ai capi di ciascun organo apparisce un' unione di colonne bianche e flessibili disposte ordinatamente e ben fitte di forma esagona e pentagona a lati ineguali, i quali talvolta sono comuni a due colonnette. Nella torpedine i capi o le estremità di ciascun organo corrispondono alla parte dorsale e ventrale del pesce, e sono ricoperte tanto superiormente che inferiormente da un tegumento comune simile a quello che riveste tutte le altre parti del corpo. Levato questo integumento si scorge una tela aponeurotica assai forte, formata di fibre intralciate, la quale si attacca alle parti delle cavità che racchiudono l' organo. Ciascuna delle colonne prismatiche è formata di vescichette le une sovrapposte alle altre, ripiene di una sostanza mucoso-gelatinosa o albuminosa, la prima delle quali ha la faccia superiore ed inferiore convessa, e tutte le altre hanno la faccia superiore concava e l' inferiore convessa. Esse si mantengono unite mediante la membrana suddetta applicata alla loro superficie, ed i filamenti nervosi, che in forma di maglie le attorniano, dalle quali partono i biforcuti filamenti nervosi che espandendosi costituiscono la membranella della vescichetta, e si riuniscono di nuovo per formare un sistema rientrante in sè stesso. A questa dottrina si avvicina molto quella di *Jobert*, che ammette le colonne prismatiche costituite da masse granulari le une sovrapposte alle altre; e si allontana dalla sentenza ultimamente ammessa dal *Savi*, il quale in varie sue pubblicazioni, ora stette per la esistenza delle masse vescicolari ed ora per quella de' diaframmi: quest' ultima adottò ne' suoi *Studi Anatomici*. Le sentenze adunque, che considerano i prismi

o come colonne cave ripiene di un liquido particolare o come divise da diaframmi traversali, che lasciano fra loro uno spazio ripieno di un liquido speciale, secondo che avevano pensato *Rèaumur*, *Hunter*, *Geoffroy Saint-Hilaire*, *G. Dovy* e *Breschet*, non possono essere più sostenute.

Tenendo dietro a questi filamenti nervosi, che si riuniscono fra prisma e prisma, e in grossi rami nell' attraversare le branchie ed il cranio, si giunge alle grandi diramazioni del quinto e dell' ottavo paio; cioè a un grosso tronco del quinto paio descritto da *Carus*, a tre de' più grandi tronchi dell' ottavo disegnati da *Jacobi* e ad una ramificazione del quarto tronco scoperto da me e verificato dal *Savi* (*Fig.* 79) (1). È degno di tutta l'attenzione notare, che i nervi elettrici, come ha scoperto lo stesso *Savi*, sono privi di gangli, il tronco del quinto paio s'impianta nelle fogliette restiformi comunicanti colla midolla allungata e quelli dell'ottavo paio nella stessa midolla allungata; e precisamente al di sotto dei margini rigonfi del seno romboidale. Questi in parte penetrano nella sottoposta midolla allungata e l' attraversano, e in numero di otto fascetti, presi a due a due, s' impiantano ne' lobi elettrici, nei quali ho veduto ripiegarsi in ansa (2). Anche il tronco del quinto paio attraversate le fogliette restiformi si bisforca e si impianta sotto forma di due cordoncini nel relativo lobo elettrico. Io ho fatto vedere al Congresso Scientifico di Firenze che la quarta massa celebrale è distinta dalla midolla allungata e che è formata di due lobi. Per convincersi di questo bisogna mettere a nudo la parte

---

(1) *Questa figura è quella stessa che ho presentata al Congresso di Firenze e che viene ricordata negli Atti.*

(2) *Zantedeschi, Lettera al Principe di Canino. Diario della Sesta Riunione 23 settembre 1844, Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto per l' anno 1845.*

posteriore dell' encefalo, allora si vede tutto il seno romboidale ripieno di due grossi lobi, che si toccano sull' asse longitudinale senza aderire e che sono ben distinti mediante una fenditura verticale e rettilinea che giunge fino al piano del seno romboidale e coincide colla linea longitudinale esistente su questo medesimo piano. Ciascuno di questi lobi è circoscritto da cinque facce, l'una curva, posteriore, esterna in prossimità della midolla spinale; la seconda piana, orizzontale e inferiore, che è a contatto del seno romboidale; la terza ondulata esterna, che poggia sul contorno dello stesso seno romboidale; la quarta verticale interna che guarda l' opposta faccia dell' altro lobo; la quinta anteriore che termina tagliente, e che penetra al di sotto del cervelletto, riempiendo gran parte del quarto ventricolo. Il colore dei lobi elettrici è di un bianco cinereo. Questa anatomia si compie con facilità in cervelli conservati da alcuni mesi nello spirito di vino. Dopo queste osservazioni anatomiche, le opinioni di *Jacobi*, di *De la Ghiaje*, di *Blainville* e di *Matteucci*, che risguardarono i lobi elettrici come formati da una sola massa, un rigonfiamento, una protuberanza del seno romboidale della midolla allungata, non possono essere più sostenute. Di questa sentenza era pure il *Savi*, e solo nel 1844 trovo aver adottata la mia dottrina ne' suoi *Studi Anatomici*, senza però ricordarmi; ma la mia Memoria letta al Congresso Fiorentino trovasi nella sua integrità nella *Fauna Italica del Principe di Canino*, dove alla lettera O sono riferite queste precise parole: « Messo a nudo il cervello, io ho potuto verificare che, distrutta la midolla allungata, dalla quale si derivano i nervi del quinto e dell' ottavo paio svanisce ogni scossa propriamente detta: ho detto la midolla allungata perchè il *quarto lobo è da essa distinto* (e può essere lacerato senza che la virtù scuotente della torpedine sia momentaneamente distrutta ». Questo periodo fu mutilato negli Atti del Congresso Fiorentino; e nei Conti Resi del-

l'Istituto di Francia, inserendo il *Matteucci* l'estratto della mia Memoria, mi fece dire in quella vece che il quarto lobo elettrico è un rigonfiamento della midolla allungata. Io impertanto mi riferisco alla pubblicazione del *Principe di Canino*, il quale ricevette in Firenze la mia Memoria manoscritta il primo gennaio 1842, come ho da ricevuta postale firmata di sua propria mano, e la pubblicò in tutta la sua integrità. Rendo la dovuta lode alla fede e probità di questo sommo scienziato.

ARTICOLO II.

§ 166. *Degli effetti elettrici.*

Gli effetti elettrici de' pesci vengono in due classi naturalmente divisi, in *Statici* cioè e in *Dinamici.*

§ 167 A.) *Degli Effetti statici*

Gli effetti statici si riducono alla tensione: invano era stata questa tentata da *Walsh*, e susseguentemente da molti altri fisici. Il professore *Linari* nel 1836 ha sciolta la quistione. Egli ebbe alle fogliette d'oro dell'elettrometro-condensatore i più manifesti fenomeni di tensione positiva e negativa, secondo che il conduttore comunicava col dorso o colla pancia all'atto che si contraeva la torpedine. Ma questi non furono, come è ben evidente, segni elettro-statici dell'organo del pesce, ma della elettricità scaricata dall'organo e trattenuta dall'istrumento.

§ 168 B.) *Degli Effetti Dinamici.*

Gli effetti dinamici si dividono in *chimici*, *fisici*, *fisiologici*.

§ 169. *Effetti chimici.*

Scintilla elettrica. *Walsh* fu il primo che osservò nel ginnoto la scintilla elettrica, e la fece vedere a molti distintissimamente. Essa era discernibile attraverso ad una piccola fessura o separazione praticata in una striscia di stagnola incollata sul vetro all' atto che l' anguilla si scarica. Questo fenomeno è stato verificato nel ginnoto a Londra nel 1839 da *Schoenbein* e da *Faraday*, che videro tra due fogliette d' oro collocate a piccola distanza, le quali facevano parte del circuito, slanciarsi con vivo splendore delle scintille e in parte bruciarsi l' oro con una luce ordinaria.

Il Padre *Linari*, professore di fisica nell' Università di Siena fino, dal luglio del 1836 annunziò, che il di 27 marzo di detto anno a Talamone sul litorale toscano potè ottenere con un suo apparato elettro-dinamico a spirali la scintilla elettrica la più distinta dalle torpedini. Avendo appresso ripetute le sue esperienze il 25 agosto susseguente a S. Stefano, n' ebbe gli stessi risultamenti colle scintille le più vivaci. L' apparecchio di cui questa seconda volta si servì, consisteva in un tubo di vetro ricurvo a modo della lettera U contenente del mercurio fino a una certa altezza. A ciascuno dei bracci di detto tubo era fissato un sughero con cera di spagna, a cui era infilata una porzione di filo di ferro, che discendeva fino presso la superficie del mercurio, e n'era distante di qualche frazione di linea. Questo apparecchio era sostenuto da una colonnetta di legno verniciata di resina : i due fili di ferro sporgenti in fuori potevano congiungersi ai reofori muniti alla loro estremità di due laminette di platino, che si portavano a contatto del dorso e del ventre dell' animale. Modificò poi egli questo suo apparecchio onde poter estrarre l' aria dall' interno del tubo e fare l' esperienza nel vuoto barometrico. Rilevò in questo caso che la scintilla, la quale nell' aria era raccolta e luminosa, appariva nel vuoto

sparsa e divisa in brevi raggi di luce, da cui la superficie del mercurio dentro il tubo compariva intensamente illuminata al momento della scarica. Finalmente ottenne la scintilla entro ai liquidi e nella fiamma.

Matteucci appresso a Casenatico ottenne nell' aria la scintilla dalla torpedine con un apparato quasi consimile a quello del *Linari*. Consiste esso in due piastrelle di platino, che portano due fili metallici, terminanti in due palle, alle quali con della gomma si attaccano delle foglie d' oro, che si tengono alla distanza di un mezzo millimetro. Le due piastrelle tenute isolate si portano a contatto del ventre e del dorso della torpedine, e s' irrita l' animale stirandolo per le alette. All' atto della scarica le fogliette d' oro si muovono, si avvicinano e si allontanano quasi simultaneamente, e si scorgono fra loro delle scintille brillanti. Appresso, le piastrelle di platino furono tramutate in due piani metallici isolati, come è espresso nella Fig. 80, come a' fisici aveva insegnato il *Volta*. « La più facile maniera di riuscirvi, egli dice, mi parrebbe quella di tener applicato un capo di un arco metallico al bacile, su cui posa la torpedine col ventre e portare l' altro capo, che terminerebbe in punta di ferro affilata od acuta, a contatto brusco sia dello scudo metallico ond' è armata e compressa la schiena, sia di un buon carbone o di un laghetto di mercurio posti sopra tale scudo, i quali corpi favoriscono la deflagrazione che si vuol eccitare. »

Il *Matteucci* s' argomentò ne' giornali d' Oltramonti d' usurparsi il merito della scoperta della scintilla tratta dalla torpedine, ma fu convinto di erroneità colle stesse sue lettere, dalle quali pure appare che apprese dal *Linari* anche l' apparato a mezzo del quale la trasse posteriormente. Il sig. *Libri* presentò alla R. Accademia delle Scienze di Francia copia legalizzata della lettera che *Matteucci* scrisse a *Linari* il 5 aprile del 1836, della quale io recherò il seguente passo: « Je me réjouis en apprenant que vous avez

vu l'*etincelle de la torpille.* Pourquoi n'étais-je pas avec vous? J'espère pouvoir bientôt la répéter: il sara necessaire que vous me raconties minutieusement toute l'expérience et que vous me décriviez l'appareil. J'en ecrirai à *Arago* et je lui ferai l'historique sincère du fait. Ne négligez donc pas de m'en donner la description . . . . . »

Si deve adunque a *Linari* anche l'invenzione dell'apparato, col quale la prima volta trasse la scintilla dalla torpedine.

Non si ricercava di meno della franchezza, della quale diede tanti saggi il *Matteucci*, onde poter affermare nei giornali d'Oltramonti, nel suo *Saggio* e *Trattato de' fenomeni elettro-fisiologici* di aver egli fornito l'idea al *Linari* dell'apparato, col quale la prima volta il Fisico di Siena trasse la scintilla dalla torpedine.

Anche il *Pianciani* nell'8 giugno 1837 ottenne due scintille dalla *Torpedo Narcke* con un metodo al tutto analogo a quello del *Linari*; cioè introducendo i due fili metallici, che comunicavano colle parti superiore e inferiore del pesce, in una caraffina di mercurio, in modo che un filo pescasse e l'altro fosse vicinissimo alla superficie del mercurio, talchè agitando un poco la caraffina, dovesse alternamente chiudersi ed aprirsi il circuito, come avviene nella macchina magneto-elettrica di *Pixi.*

Decomposizione de' corpi. Giovanni Davy, colle correnti della torpedine ottenne la decomposizione dell'acqua e di varie soluzioni acide e saline, come degli acetati e nitrati, e iodido di potassio. Questi risultamenti furono riconfermati da *Barlocci*, che ottenne la decomposizione dell'acetato di piombo; da *Linari*, ch'ebbe la decomposizione dell'acqua acidulata e del ioduro di sodio; e da *Matteucci*, che decompose il ioduro di potassio. Questo composto da *Scoenbein* e da *Faraday* venne analizzato colla elettricità del ginnoto. Per ottenere questo effetto, come più volte sperimentai colla *Torpedo Galvani*, si ap-

plicano due laminette di platino alle due opposte superficie dell' organo elettrico, si compie il circolo con una listarella di carta bibula imbevuta di una soluzione concentratissima di ioduro di potassio. Dopo alcune scariche gli indizj della decomposizione appariscono e dimostrano la costante direzione della scarica della torpedine.

Detonazione dei gas. Avendo il prof. *Linari* chiuso con pezzi di sughero in un tubo di vetro di ben grosse pareti delle piccole quantità di mercurio, ed un miscuglio di due misure di gas idrogeno e di una di gas ossigeno, vide infiammarsi i gas con detonazione all' istante, che sotto un lieve oscillamento del mercurio la corrente scaricata si manifestò in scintilla intensa e brillante, tra una delle due punte dei reofori e la superficie dello stesso mercurio.

Sviluppo di colori. Il prof. *Linari* fino dall' ottobre del 1837 ottenne delle scariche della torpedine sui metalli ossidabili indizii di tinte uniformi al modo di *Nobili* per mezzo dell'acetato di piombo. Nel 1838 poi con essa soluzione e con altre giunse ad avere le tinte uniformi e con tenace adesione sì ai metalli ossidabili, che a quelli che non lo sono: ottenne pure gli anelli colorati di *Newton*.

§ 170. *Effetti fisici.*

Decrescimento d' intensità delle scariche elettriche. Il prof. *Linari* fino dall' ottobre del 1837, con la bilancia elettro-magnetica vide, che l' intensità delle scariche successive va sempre più decrescendo fino all' estinguersi della forza della vita. Col medesimo istrumento il *Linari* ha paragonato la scarica di una torpedine di mediocre grossezza con quella di una batteria della superficie armata di 94 pollici quadrati e gli parve più intensa. Nel confrontare fra di loro gli effetti, bisogna avere riguardo all' ampiezza dei contatti, perchè essi variano colla grandezza delle lamine che toccano le due facce dell' organo: e nel

caso che i reofori non sieno a contatto colla pelle dell' animale, bisogna osservare la grossezza dello strato d'acqua interposto che influisce sulla intensità dei medesimi. *Matteucci* intorno al decrescimento d'intensità delle scariche elettriche, stabilisce il seguente principio generale: allorchè la torpedine è dotata di una somma irritabilità, al momento in cui la si ritira dal mare, la corrente che fornisce si può paragonare a quella di una Pila di un gran numero di coppie e caricate con un liquido attivo e buon conduttore. A misura che la vitalità s' infievolisce, la corrente della torpedine si avvicina sempre più a quella di una Pila di un numero di coppie sempre minore. Questo decrescimento fu ancora verificato da *Faraday* e da me.

Sviluppo di calorico. Il *Davy* usando l' elettrometro dell' *Harris,* ha scoperto il poter calorifico delle correnti ictio-elettriche ; e il *Linari* lo ha confermato nel settembre del 1836 e nell' ottobre del 1837. Egli si valse del termometro di *Breguet*, i gradi del quale avendoli ridotti a quelli dell' ordinario termometro centigrado, riconobbe un' innalzamento di temperatura di 10°, 20°, 25°. Punto non mi sorprenderebbe, aggiunge *Pianciani* , se altri facendo passare le scariche di una vigorosa torpedine per un filo sottilissimo di platino tirato secondo il metodo di *Wollaston*, riuscisse a renderlo rovente. E in vero la scintilla, che osservava il prof. *Linari* talvolta *visibile nella chiara luce del giorno e brillantissima*, ma non mai senza l' ajuto del mercurio, non è ella dovuta a piccole particelle o vapori di questo metallo rese candescenti dalla elettricità? E perchè questa non potrà del pari arroventare un filo brevissimo di platino di estrema sottigliezza?

Schoenbein nelle sue esperienze fatte sul ginnoto a Londra nel 1839 aveva tentato di scoprire l' innalzamento di temperatura coll' apparato termo-elettrico di *Snow-Arris* ; ma nell' atto di sperimentare si guastò l' apparato e non potè procedere innanzi nell' e-

sperienza. *Faraday* afferma, che collo stesso termo-elettrometro ebbe qualche indizio di calorico colle correnti del ginnoto.

Suono elettrico. Il prof. *Linari* udì un suono simigliante a quello, che da noi rendesi all'aprirsi della bocca con veloce distacco delle labbra, allorchè i colpi della scarica della torpedine erano molto intensi. Afferma di avere pure udito un risuono ben forte dalla campana, che racchiudeva l'apparato all'atto che le correnti si neutralizzavano.

Deviazione Galvanometrica. Schilling e *Van Swinden* fino dal 1772 annunziarono, che il pesce elettrico nell'atto di scaricarsi metteva in agitazione l'ago di una bussola che era vicina; dal che il secondo conchiuse, che *vi era probabilmente tra la torpedine e la calamita una particolare affinità*; ma questa relazione non acquistò credenza nelle menti dei fisici, e solo si richiamò dalla dimenticanza allorchè *Giovanni Davy,* nel 1832 ottenne le deviazioni col moltiplicatore. Questo esperimento venne riconfermato da *Blainville,* da *Flourens,* da *Barlocci,* da *Linari,* da *Matteucci* e da me sulle torpedini: e da *Schoenbein* e da *Faraday* sul ginnoto. Io ottenni delle deviazioni di 90° e più da non poter essere misurate dall'apparato moltiplicatore. L'ago deviava bruscamente, come fosse sospinto da un'urto meccanico istantaneo. Non è necessario, come io ho sperimentato, che gli scandagli sieno a contatto colle parti dell'animale: basta che sieno immersi nell'acqua salata anche a più pollici di distanza dalla torpedine; al momento della scarica si osserva in ogni parte del bagno una deviazione sensibilissima. Questa deviazione si manifesta ancora a circolo chiuso applicando le mani al dorso e al ventre della torpedine. Questo è un effetto della somma effusione dell'elettrico avvertita da *Schilling* e riconfermata da *Walsh,* che esperimentarono sul ginnoto, e a' nostri giorni ripetuta da *Matteucci* sulle torpedini.

Attrazioni e ripulsioni elettro-dinamiche. Il Padre

Linari coll' elettroscopio dinamico di *Zamboni*, ottenne l'attrazione fra due correnti dirette dalla medesima parte, e ripulsione fra due correnti dirette in senso opposto, secondo la legge Amperiana. A questo risultamento pervenne ancora posteriormente il *Pianciani*.

Magnetizzazione. Il prof. *Configliacchi* fino dal 3 settembre del 1827 aveva annunziato aver egli ottenuta la magnetizzazione degli aghi di acciaio colle correnti della torpedine; ma egli non si curò di pubblicare i suoi esperimenti. Nel 1832 *Giovanni Davy* a Malta ottenne la magnetizzazione di un'ago del peso di grammi 0,27. Susseguentemente il prof. *Barlocci* e il padre *Linari* confermarono luminosamente questa verità. « Avendo potuto sottoporre, dice *Linari*, a più di venti scariche elettriche di una torpedine, date tutte successivamente l'una dopo l'altra con poca distanza di tempo fra loro, un grosso ago di acciaio da bussola, affatto privo di magnetismo, esaminato tosto al terminare di dette scariche e dopo essere trascorse parecchie settimane sottoposto di nuovo ad uguale riscontro, l'ebbi sempre e costantemente a ritrovare magnetico a saturazione, nel modo stesso che sarebbesi ottenuto per la via ordinaria con cui si magnetizzano simili aghi e le piccole sbarre di acciaio. Un lungo filo di rame coperto di seta, che per sei ordini di spire fortemente l'avvolgeva, servivagli di semplice apparecchio. L'ago pesava grammi 2,7 non compreso il cappelletto ed era lungo centimetri 12,5; talmente che col mezzo di questo pesce nei mari ove egli abita e nelle stagioni men rigide si può dai naviganti e dagli abitanti dei porti magnetizzare in pochi istanti e riportare allo stato primitivo magnetico l'ago e le stecche di acciaio della bussola marina. »

Il fenomeno della magnetizzazione degli aghi avvolti in spirali fu ancora ripetuta da *Faraday* nel 1839 sul ginnoto a Londra. Nelle mie esperienze sulle torpedini fatte in Venezia, ebbi più volte notabil-

mente alterato il magnetismo degli aghi del Galvanometro da non potermene più valere in susseguenti esperimenti. Di questi fenomeni se n'è ancora occupato il *Matteucci*, dalle esperienze del quale appare chiaramente che anche colla magnetizzazione fu confermata la direzione della corrente dal dorso al ventre.

§ 171. *Effetti Fisiologici.*

Gli effetti fisiologici, de' quali parlano comunemente i fisici, si riducono alla scossa. Sono oltremodo formidabili quelle del ginnoto e del siluro; bastano esse a tormentare qualche volta ed abbattere un cavallo. Di questo mezzo si valgono gli indigeni per istancare i pesci elettrici, e farne impunemente la pesca, come descrive *Humboldt*. Il capitano *Hall* dal ginnoto di Londra, che da pressochè un anno era conservato in una vasca, ebbe una scossa così violenta da cadere a terra; anche *Schoenbein* afferma che il colpo che n'ebbe fu straordinariamente violento. La scossa della torpedine a me riuscì di un senso disaggradevole e quasi somigliò a stilo che ferisce. *Matteucci* paragonò la scossa di una ordinaria torpedine a quella di una Pila di 100 a 150 coppie caricata con acqua salata. Nota che le scariche di una torpedine appena presa si succedono con somma rapidità da riuscire insoffribili; che col tempo s'infievoliscono anche conservando la torpedine nell'acqua salata.

Schilling aveva dimostrato che la scarica del pesce è trasmessa per la via dei conduttori e sospesa dalla cera spagna; susseguentemente *Musschembroek* e *Walsh* riconobbero questa verità in un modo più particolarizzato facendo una doppia serie di esperienze colla elettricità comune, e con quella de'pesci elettrici, usando metalli, vetro e cera spagna: *Walsh* osservò inoltre che per aver la scossa bisogna far arco fra la parte superiore ed inferiore o

fra due punti distanti dalla medesima parte: ed avvertì che nel primo modo la scossa è più forte, e perciò dedusse analogamente a quanto avviene nella bottiglia di Leida, che queste parti sieno in uno stato opposto di elettricità.

Varj scrittori affermarono che abbia luogo anche la scossa *laterale*, ossia toccando il pesce in un sol punto. Il *Garden* lasciò scritto, che quando il ginnoto è indebolito o in cattivo stato di salute, il colpo laterale è insensibile, e che allora per avere la commozione bisogna formar catena prendendo il pesce in due punti separati, i quali quanto più sono lontani, tanto più facilmente e più fortemente si sente la scossa. Il *Galvani* osservò, che ponendo delle rane preparate alla sua maniera sulla schiena ed anche a fianchi della torpedine posta sopra un panno bagnato, che tratto tratto si dibattevano e talora quasi di continuo, senza che il pesce fosse irritato o desse segno di dare la scarica. Di questo fatto venni pure assicurato da *Rifaut di Marsiglia.* Io dirò che nelle torpedini sottoposte alle mie ricerche, non ebbi mai ad avere la scossa laterale: solo allo scaricarsi delle torpedini vivaci, con un reoforo immerso nel bagno ravvisai delle deviazioni galvanometriche. Il qual effetto parmi sia dovuto ad una induzione elettrica.

Non è neppure necessario per avere il colpo del pesce elettrico che l'animale sia ad immediato contatto. *Musschembroek* riferisce, che il ginnoto colpisce alla distanza di 8 a 10 piedi gli animali che trovansi nell'acqua: *Magellan* afferma che quando l'anguilla del *Surinam* vuol uccidere un pesce, si avventa contro per impadronirsene, e gli dà il colpo senza toccarlo, per cui lo si vede rivoltato sulla schiena talvolta morto e talvolta solamente sbalordito. *Williamson* attesta che un ginnoto esercitava la sua azione attraverso degli strati di acqua di 10 a 15 e più pollici di spessore, e di aver sentite delle vive commozioni immergendo una mano nel-

l' acqua fra il ginnoto e il pesce, verso cui era diretto il colpo elettrico. Questo risultamento della scossa scagliata a distanza venne nel 1839 osservato da *Faraday* e da *Sckoenbein* nel ginnoto, che fu più volte ricordato.

Un fatto interessantissimo è dovuto a *Spallanzani*, che la torpedine è capace di produrre la scossa elettrica anche allorquando è racchiusa nel seno materno allo stato di feto. Questo fatto venne pienamente confermato dalle esperienze dal prof. *Linari* sulle torpedini.

Walsh osservò ancora e *Spallanzani* riconfermò, che poch' istanti prima che la torpedine muoja, le scosse non si fanno sentire per intervalli come per lo innanzi, ma che si tramutano come in una specie di batteria continua di piccoli colpi assai leggieri: « Supponete, dice *Spallanzani*, che giuochi sotto i diti un cuore attualmente in palpitazione, e voi avrete qualche idea di questo fenomeno bizzarro, ad eccezione che questo cuore non produrrà alcuna sensazione dolorosa, laddove queste piccole scosse apportano sulla mano un vero dolore che non si estende al di là dei diti. La batteria dura sette minuti, e in questo sì corto spazio di tempo ebbi a sentire 306 scosse. Poi ella s' interrompe, e allora non si ha più che qualche debolissima scossa nell' intervallo di due a tre minuti, dopo i quali la torpedine è compiutamente morta. » Questo fenomeno venne osservato ancora da *Bosi*, da *Linari* e da me, solo che l' intervallo di tempo in cui ho sentito quella specie di batteria fu all' incirca di sei secondi e che la scosserella si limitò alla prima falange dei diti.

Sperimentando a quel modo che si usa colla elettricità Voltiana, ebbi dalle correnti della torpedine il sapore alla lingua e il bagliore agli occhi. Per questi effetti io aspettava che fosse la torpedine alquanto indebolita.

ARTICOLO III.

§ 172. *Della Sede elettrica.*

Per determinare la sede elettrica nella torpedine, io studierò i fenomeni nello stato di vita e nello stato di morte. Nel primo caso le mie ricerche saranno fatte all' esterno e all'interno della torpedine: nel secondo caso appena avvenuta la morte e molto tempo dopo: quindi cercherò di sviluppare la quistione attinente all' organo generatore l' elettrico.

§ 173 A.) *Dei fenomeni elettrici istudiati all' esterno de' pesci.*

Nella ricerca di questi fenomeni, io mi terrò precipuamente alla torpedine che, in confronto di ogni altro pesce elettrico, venne meglio istudiata dai fisici.

Bancroft ci lasciò scritto, che l'elettrico sia ugualmente lanciato da tutte le parti del corpo della torpedine. Per ridurre la proposizione entro i limiti della verità, io dirò che quando la torpedine è dotata di grande vitalità fa sentire le commozioni, bensì in qualsivoglia parte del corpo la si tocchi in due punti distinti; ma che in alcuni la scossa è maggiore, come in quelli corrispondenti al dorso e al ventre delle parti laterali alla testa del pesce; e che a misura che si illanguidisce la vitalità, come ha avvertito prima di me *Matteucci*, la regione del corpo, in cui la scarica è sensibile, si riduce a quella che corrisponde agli *organi* chiamati comunemente *elettrici*. « Per quanto io so, scriveva il *Nobili*, la torpedine non dà la scossa che facendo arco con sè stessa, arco che si forma *ordinariamente* toccando con un dito il dorso dell' animale, dopo essersi messi in comunicazione con la pancia del medesimo. . . . Non dubito punto

che la torpedine possa sott' acqua dare la scossa ad uno che la tocchi in un punto solo: *penso anzi che non sia nemmeno necessario il contatto, perchè suppongo ch' essa fulmini gli altri pesci a distanza.* Così penso, ma in pari tempo inclino a credere, che l' organo di quell' animale sia essenzialmente positivo da una parte e negativo dall' altra, e che un corpo qualunque non possa essere colpito dalla scarica se non entra nel circuito di quella specie di Pila o di boccia di Leida. Io tocco con un dito la schiena di una torpedine che si trova immersa nell' acqua, ed il mio dito resta intorpidito per la scossa che riceve. In tal caso ho bensì toccato l' animale in un sol punto, ma il circuito fu compiuto dall' acqua circostante. Dubito assai che siensi avute vere scosse in altre condizioni. » Per ottenere la scarica della torpedine, osservò pure il *Matteucci*, è sempre necessario di fare arco con due punti diversi del suo corpo. Io ho istudiata la torpedine nello stadio di vita e nello stadio di morte.

Nello stadio di vita io ho fatte le mie ricerche in due casi, senza sensibile contrazione e con contrazione sensibile.

Nel caso che non appariva sensibile contrazione, io non ho mai potuto avere tensione alcuna; e gli effetti galvanometrici erano dovuti all' azione dell' umore del pesce sul metallo: perchè il lancettone di argento, che prima appóggiava sulla pelle era sempre positivo rispetto all' altro, comunque lo collocassi nella parte più vicina o più lontana dal cervello, sulla pancia o sul dorso. Bisogna adunque, quando scrissi esservi polarità elettrica senza sensibile contrazione, che sia caduta una qualche lenta scarica senza sensibile contrazione, come nelle riferite esperienze di *Galvani*. Le mie *Note* impertanto inserite nella *Fauna Italica*, nel *Conto Reso* dell' Istituto di Francia, e nel *Bullettino* della R. Accademia di Brusselles, devono essere in questa parte corrette. Io fo questa pubblica dichiarazione, perchè altri non sia tratto in errore.

Nel caso della sensibile contrazione io vidi costantemente verificate queste leggi:

I. *Tutti i punti della parte dorsale dell' organo sono positivi relativamente a tutti i punti della parte ventrale.* Questa legge, che in opposizione a quanto avevano asserito *Walsh* e *G. Davy*, fu discoperta da *Breschet* e *Becquerel* è confermata da *Matteucci*, il quale ancora osservò, che la lamina positiva del galvanometro è sempre quella che tocca la pelle dorsale o che è più vicina a questa parte, relativamente alla lamina che tocca la ventrale o la parte interiore dell' organo, che è più vicina a questa pelle. A tale scopo praticò egli delle sezioni verticali ed orizzontali.

II. *I punti dell' organo sulla faccia dorsale, che stanno al di sopra de' nervi che penetrano in quest' organo, sono positivi relativamente agli altri punti della medesima faccia dorsale.* Questa legge è dovuta a *Matteucci.*

III. *I punti dell' organo sulla faccia ventrale, che corrispondono a quelli che sono positivi sulla faccia dorsale*, dice *Matteucci*, *sono negativi relativamente agli altri punti della medesima faccia ventrale:* Questa legge sente del sibillino. Quali sono questi punti della faccia ventrale, rispetto a' quali sono essi negativi? *Matteucci* non lo dice; nè di questa inderminazione lo seppe difendere la R. Accademia dell' Istituto di Francia. Io espressi il risultamento delle mie esperienze alla stessa R. Accademia nei termini seguenti: *tutti i punti della faccia ventrale, che sono più vicini al cervello, sono negativi rispetto a quelli che sono più lontani.*

Ho detto che queste leggi si avverano con sensibile contrazione; ma non convengono gli osservatori nel descriverne i fenomeni. *Walsh* disse, che quando la torpedine dà la scossa, ritira nelle orbite gli occhi; e *Matteucci* affermò, che i movimenti sono appena percettibili, e che la torpedine può scaricarsi senza che avvenga nel suo corpo alcun cangiamento

di volume. *Vassalli Eandi* lasciò scritto, che il corpo della torpedine da convesso diviene concavo, e che i suoi occhi si deprimono; e il *Linari* vide, che curvato il dorso in forma simile di tazza, oscillanti fa gli orli dell' organo, muove la testa e più che altro agita gli occhi. Questi fatti vennero pienamente verificati da me; ma non ho potuto egualmente verificare l' invariabilità del volume a motivo dell' agitazione dell' acqua.

Secondo le esperienza di *Faraday* e di *Schoenbein* istituite sul ginnoto, *la testa o la parte anteriore è positiva rispetto alla coda o alla parte posteriore*. Le deviazioni galvanometriche e le azioni chimiche furono i mezzi di esplorazione.

Bancroft osservò, che l' efflusso elettrico dipende dalla vita del pesce e che finisce con la morte, e che in vita è dipendente dalla sua volontà. *Williamson* riferì, che un ginnoto slanciava il suo colpo contro de' pesciolini anche quando non era eccitato da fame, perchè spesso dopo averli tolti di vita non ne ingojava alcuno, anzi li guardava con indifferenza: il ginnoto di Londra del 1839 per testimonianza di *Schoenbein* e di *Faraday*, si arcuava, racchiudeva la sua preda in questa cinta fatale e si scaricava nella massa dell' acqua così rinserrata, allorchè aveva voglia di mangiare; il pesce rimaneva sbalordito e tosto ingojato dal ginnoto. Il *Matteucci* scrisse, che la torpedine si scarica *quando vuole, ma non ove ella vuole.*

Di quanto fu riferito dagli scrittori intorno a questo argomento, io recherò quello che sulla *Torpedo Galvani* ho potuto comprovare colle mie esperienze.

I. *La scarica elettrica è dipendente dalla volontà del pesce;* perchè spesso è determinata dall' appetito di mangiare, da sensazione molesta, dalla quale vuole togliersi; e perchè pare abbia la coscienza dell' effetto, che producono le scariche che egli slancia: la torpedine dà delle scariche più forti

contro un oggetto senziente, che non contro un oggetto insenziente come una piastra di rame. Io lo verificai col mettermi nel circolo ora immediatamente ed ora mediatamente con piastrelle di rame. Ciò veggo essere stato scoperto da *Faraday* nelle esperienze che fece col ginnoto di Londra nel 1839.

II. *La torpedine non sempre, quando vuole, dà una scarica.* Inutilmente ella tenta indebolita che sia, di produrre l'effetto. Io ho osservato una torpedine dopo aver perduto alquanto della sua vivacità, che stretta per la coda, portò la testa vicino alla mia mano, e quindi venne a compiere il circolo successivamente, incominciando dal lato destro della testa : ad ogni contatto che praticava mi accorgeva di una contrazione: ella compì quattro o cinque volte il circolo senza scossa: verso il bordo sinistro lo ha chiuso per la sesta volta e fu accompagnato da scossa: in altre torpedini più indebolite, m' avvidi che le contrazioni non furono mai accompagnate da scosse sensibili: ho pure osservato, che lasciate in riposo alcune torpedini le quali avevano perduto la potenza di scuotere, la ripresero, ma in grado minore di prima. Il *Matteucci* scrisse avere osservato che il riposo ristabilisce la funzione elettrica.

III. *La torpedine non dirige la corrente ove ella vuole.* Io non ho mai potuto avere il ventre positivo rispetto al dorso, ancorchè punzecchiassi la pancia di varj individui coi lancettoni di platino. Ciò era stato prima discoperto dal *Matteucci.*

§ 174 B.) *Dei fenomeni elettrici istudiati all' interno ed all' esterno della torpedine.*

Galvani ebbe a sperimentare che tolto ad una torpedine il cuore, gli organi davano ancora la scossa ; ma non così se si tagliava ad essa il cervello. Adoperò egli tutte le cautele onde la circolazione del sangue non venisse notabilmente scompi-

gliata, e vide che i movimenti muscolari si eseguivano tutt'ora assai bene, ma non potè avere commozioni di sorta, nè scossa sensibile, allorchè era leso gravemente il cervello. Lo stesso *Galvani* ebbe pure a scoprire che, tagliati i nervi che si distribuiscono a un organo elettrico, non si aveva più scossa da questo, mentre la si avea distinta dall'altro. *Spallanzani* fece la stessa esperienza nel 1790, come abbiamo da una sua lettera a *Vassali Eandi*; e tagliati i nervi, che vanno ad amendue gli organi elettrici, il pesce continuò a vivere, ma restò privo della virtù scuotente. Analoghe esperienze furono fatte da *Todd*, e dai due fisici britanni *Onofrio* e *Giovanni Davy*. *Matteucci* ora osservò, che si sospende la scarica elettrica anche col semplice allacciamento de' nervi. Tutto ciò venne ancora riconfermato dai miei esperimenti; ma di più io ho ritrovato che, compiendo il circolo con una parte qualunque esterna, dorsale o ventrale della torpedine, e con una parte qualunque della midolla allungata, della midolla spinale e in generale dell'encefalo, all'atto della contrazione, si ha scarica elettrica, e la direzione è come segue; *per la via del galvanometro la corrente positiva è diretta dal dorso al cervello, e dal cervello al ventre per la via dello stesso galvanometro.*

La condizione necessaria all'esperimento si è che vengano irritati i nervi che si distribuiscono all'organo elettrico. E si ha una prova da questo, che la semplice pressione del primo, secondo e terzo lobo e della midolla spinale non promuove la scarica: è necessario che sia ferita la midolla allungata sottoposta, e la midolla spinale; mentre la semplice pressione delle fogliette restiformi, e dei lobi detti elettrici, è bastante a promuovere la scarica elettrica, la quale è sempre più vigorosa delle altre. Non è poi necessaria l'integrità dei lobi elettrici; essi possono essere lacerati, senza che cessi intieramente la scarica elettrica, come nel 1841 ho comunicato

al Congresso di Firenze, e nel 1842 all' Istituto di Francia e fu pubblicato nella *Fauna Italica* dal *Principe di Canino*, siccome al § 165 di questa Sezione fu riferito. Il *Matteucci* solo nel 1844 venne a dire, che si può togliere una specie di strato giallastro, che forma la parte superiore del quarto lobo, senza che la parte inferiore cessi di dare la scarica allorchè la si irrita. Si confronti ciò che ha scritto il *Matteucci* alla pag. 62 del suo *Saggio de' fenomeni elettrici degli animali*, stampato a Parigi nel 1840, con quello che aggiunse alla pag. 170 del *Trattato dei fenomeni elettro-fisiologici degli animali* pubblicato nel 1844 nella stessa città, per rimanerne pienamente convinti. Ancor qui diede una nuova prova dell' arte sua ben conosciuta in Italia e fuori, e lo strato giallastro è un sogno della sua mente.

Eccone ora le mie prove sperimentali. Si compia il circolo reometrico applicando un lancettone al ventre e coll' altro premendo la midolla spinale e non si avrà scarica elettrica: si ferisca la midolla spinale e tosto si avrà la scarica: è necessario che la midolla spinale comunichi colla midolla allungata, altrimenti non si ha scarica sensibile: si prema il primo, il secondo, e il terzo lobo e mancherà la scarica; si feriscano fino a che s' irritino i nervi della sottoposta midolla allungata o de' suoi prolungamenti e la scarica avrà luogo; si premano le fogliette restiformi e la quarta massa cerebrale e le scariche saranno pronte e forti; e toccando il lato destro la scarica è dell' organo elettrico a destra, e viceversa dell' organo elettrico a sinistra, premendo il lobo sinistro, come prima di me aveva osservato il *Matteucci*. Si lacerino i lobi della quarta massa cerebrale o con un colpo di cesoia se ne porti via la parte superiore, la quale operazione è accompagnata da scariche elettriche da riuscire talvolta insoffribili, per pronte che siano, e sussisterà tuttavia la virtù scuotente dell' animale, ma però notabil-

mente indebolita. Si lasci intatta la midolla spinale e si levi la quarta massa cerebrale con le fogliette restiformi e la sottoposta midolla allungata, e non avrà luogo la scarica elettrica.

Gli organi adunque della funzione elettrica si riducono alle fogliette restiformi, alla quarta masse cerebrale colla sottoposta midolla allungata, ai loro nervi cogli organi detti comunemente elettrici.

Matteucci avendo praticato delle sezioni orizzontali e verticali negli organi elettrici della torpedine, osservò che la lamina positiva del galvanometro è sempre quella che tocca la pelle dorsale, o che è più vicina a questa parte relativamente alla lamina che tocca la pelle ventrale o la parte inferiore dell' organo, che è più vicina a questa pelle.

§ 175 C.) *Dei fenomeni elettrici della torpedine nello stadio di morte.*

Matteucci osservò che allo stato di morte con la irritazione si ottengono delle scariche elettriche. Messo a nudo il cervello di una torpedine morta, ferendo i lobi elettrici, la torpedine dà quattro o cinque fortissime scariche, le quali non sono più soggette alla legge della direzione ordinaria, cioè dal dorso alla pancia. Esse vanno ora dal dorso alla pancia, ed ora dalla pancia al dorso. Dopo alcune ore che è accaduta la morte, le deviazioni al compiersi del circolo sono picciolissime, e pare sieno dovute alle azioni comuni. Ecco le esperienze che io feci. Presi due piatti di ottone di forma circolare (*Fig.* 81) del diametro di 25 centimetri, l' inferiore del quale A era sostenuto da tre bastoni di vetro che isolavano bene, e il superiore B era munito di un manico dello stesso vetro, come lo scudo dell' elettroforo. Questi due piatti compivano il circolo col filo galvanometrico. Ho versato dell' acqua dolce sul piatto A, e quindi ho portato il piatto B a contatto di questa, e l'ago del galvanometro deviò

di più gradi, indicando una corrente diretta da A verso B per la via del galvanometro. Levata l'acqua dolce, e ben terse le superficie metalliche, versai sul piatto A dell'acqua salata della laguna, e quindi recai a contatto di questo velo aqueo il piatto B; la corrente si manifestò colla stessa direzione di prima, ma molto più intensa. Levata anche l' acqua salata e ripulite le superficie, sopra il piatto A collocai una torpedine morta col ventre all' ingiù, e recai il piatto B tenuto pel suo manico isolante a contatto del dorso esercitando una pressione, l' ago tosto mostrò la presenza della corrente, la quale fu diretta come nei due casi precedenti; ma senza confronto molto maggiore. Rovesciata la posizione della torpedine, la direzione della corrente rimase la medesima. Lo stesso io ottenni dagli organi elettrici separati da ogni inviluppo. Da questi esperimenti conchiusi che negli stadj di morte cessa la corrente elettro-fisiologica. Allorchè adunque io scrissi che, avvenuta la morte, la direzione della corrente costantemente s'inverte, io m' ingannai. Il fallo si nacque dall'avere costantemente portato uno scandaglio a contatto del pesce prima dell' altro. Io doveva in tutti i modi variare l' esperimento, prima di conchiudere al costante invertimento della corrente.

§ 176 D.) *Dell' organo generatore l' elettrico.*

Al sorgere delle dotte contese tra il *Volta* ed il *Galvani*, doveva a diritto agitarsi la questione sull' origine dell' elettricità de' pesci elettrici. Il *Volta* paragonò alla sua famosa batteria l' organo elettrico di questi pesci, il quale fu per lui la sola ed immediata sorgente della elettricità.

A questa opinione parteggiarono celeberrimi fisici e naturalisti, come *Lacépède*, *Geoffroy St. Hilare*, *Humboldt*, *Pfaff*, *Buntzen*, *Kaemtz*. Essi appoggiarono la loro opinione ai seguenti argomenti: I. Pel contatto di sostanze animali dissimili si sviluppa

l' elettrico: II. Con due liquidi dissimili in composizione o in densità separata da una membrana, si risveglia l' elettrico. Pel *Nobili* non fu che una specie di Pila termo-elettrica. In sentenza del *Galvani* il cervello è l' immediato fonte elaboratore dell' elettrico, e gli organi elettrici sono gli accumulatori di esso; perchè troncata la comunicazione del cervello per via de' nervi con gli organi elettrici, questi perdono ogni loro virtù, quantunque l' animale si mantenga vivace, come abbiamo superiormente riferito. La sentenza di *Galvani* venne abbracciata da *Hunter*, *Wollaston*, da *Abernethy*, da *Wilson*, *Philip* da *Prevost* e da *Matteucci*, con alcune modificazioni. Questo scrittore nei suoi varj lavori ha emesse diverse sentenze, senza mai ritrattarsi d' alcuna; sicchè qualunque sia la vera, nella sua destrezza tiene sempre un argomento di una pretesa priorità; e le opere periodiche di Parigi sono prontissime a diffonderne la notizia nel mondo scientifico.

Gli argomenti che stanno a favore della sentenza del *Galvani*, sono i seguenti:

I. La torpedine non sempre quando vuole può dare la scarica.

II. Il potere scuotente dipende necessariamente dall' integrità dell' apparato elettrico.

III. All' infievolirsi del vigore della torpedine, s' infievolisce il potere scuotente; e viceversa col rinvigorimento della torpedine cresce il potere elettrico della stessa.

IV. L' irritazione precede sempre la scarica elettrica.

Stabilita per tal modo la sentenza fisiologica di una elettricità propria, nativa ed originaria della torpedine, veniamo a parlare più da vicino dell' organo generatore l' elettrico. La soluzione deve emergere spontanea dai fenomeni elettrici superiormente descritti.

I. La potenza elettrica è indipendente immediatamente dal sistema vascolare.

II. Immediatamente dipende, come vedemmo, dalle fogliette restiformi, dalla quarta massa cerebrale con la sottoposta midolla allungata, e dai loro nervi cogli organi detti comunemente elettrici; ma in quali di queste parti si sviluppa l'elettricità? Secondo *Galvani* e *Linari* è nel cervello, e secondo ora *Matteucci* è nell'organo detto elettrico. La forza nervosa può trasformarsi in elettricità, o almeno l'una può eccitare l'altra a mezzo di una organizzazione particolare. La quarta massa cerebrale è la sede determinante la scarica elettrica della torpedine; ma se sotto l'irritazione nervosa si separano le due opposte elettricità, perchè non sempre all'irritazione nervosa risponde una scarica? perchè non sempre gli organi elettrici si costituiscono in Pila caricata? Per me lo sviluppo della elettricità è indipendente dalla volontà dell'animale, è un effetto del chimismo vitale, perchè non sempre avviene la scarica quando vuole l'animale. Sviluppo adunque elettrico e direzione della scarica sono dipendenti dall'organismo, e solo la scarica è sotto l'influenza della volontà. Queste conclusioni sono l'espressione dei fatti superiormente esposti. La quarta massa cerebrale poi è l'organo secernente l'elettrico e determinante la scarica, e gli organi detti elettrici non sono che gli accumulatori. Ed in vero noi abbiamo sperimentalmente ritrovato che il cervello è negativo rispetto alle parti del dorso, e che è positivo rispetto al ventre; noi pure abbiamo ritrovato che il massimo della scarica risponde sempre alle parti degli organi elettrici. Questi fatti comprovano evidentemente, secondo le note leggi della elettricità, che la quarta massa cerebrale è l'organo generatore dell'elettrico, e che gli organi detti elettrici ne sono gli accumulatori. In questo apparato elettrico non trovo simiglianza alcuna con una grande batteria a debole tensione, nè col sistema di moltissimi piccoli condensatori; neppure parmi che nell'organo detto elettrico l'elettricità sia indotta, come in un

conduttore elettrizzato per influenza dal primo conduttor della macchina, o come in un lungo filo metallico che rapidamente si avvicina ad una calamita o ad altro filo della corrente Voltiana, e che appresso si allontana; perchè si lega col magistero della vita, e con la vita si estingue. Io credo che la tensione in tutto l'apparato sia minima, e perciò impercettibile ai nostri istrumenti; e per questo penso che anche nell'acqua salata possa conservarsi la carica, come veggiamo accadere in un piliere che conserva sempre un residuo anche tuffato nell'acqua. Sotto l'influsso della irritazione, gli organi elettrici diminuiscono di mole; da convessi diventano concavi: scemano di capacità per la carica e l'elettrico si stabilisce in correnti, che in parte circolano nell'animale, e in parte si diffondono nell'acqua ambiente, per cui parmi abbia luogo una corrente di derivazione ed una d'induzione, come pensò il sig. prof. *Pianciani*. È da questo che io ripeto lo sviluppo della elettricità ch'ebbe *Matteucci* da un pezzetto di prisma dell'organo elettrico staccato da una torpedine viva irritando il rametto nervoso che gli apparteneva, o tagliandolo colla forbice.

« È indubitato, dice *Pianciani*, che la volontà produce dei movimenti nel corpo, e che gli animali muovono a piacere questi o quei muscoli col mezzo de' nervi comunicanti col cervello. Com'esser ciò possa, Chi ha così ordinato, Ei lo sa. Per noi non è, io credo, in tutta la creazione cosa più misteriosa della scambievole azione fra il principio immateriale e la materia. Ma le contrazioni muscolari prodotte dalla volontà anche meno s'intendono, se escludendo l'elettrico si fa operare la volontà unicamente sul sistema nerveo, o se all'elettrico così conosciuto ne' suoi effetti sostituiscasi un altro principio al tutto ipotetico. L'integrità de' nervi e la loro comunicazione col cervello è condizione necessaria non meno che a' movimenti volontarj alle funzioni digestive e alle varie secrezioni. Sembra per-

ciò, che dal cervello per mezzo de' nervi qualche cosa discenda ad irrigare i varj organi animali; ma questa qualche cosa che altro può credersi ragionevolmente, se non si crede probabile con parecchi moderni scienziati, che l' elettrico e non altro sia il così detto sugo o fluido nerveo, o ciò di che molti hanno a lungo parlato sotto il nome di spiriti animali? E qui parmi conveniente osservare, che questa opinione, la quale già piacque al *Newton*, non aveva per avventura sino a' di nostri da citare in sua difesa cosa di fatto. Ora chi vuol difenderla, può prendere per base il fatto delle torpedini. Il cervello, può dire, di questi animali, e com' è da credere, degli altri pesci elettrici, fa scorrere l'elettrico pe' loro nervi: ma il cervello di questi pesci non differisce essenzialmente da quello degli altri pesci; nè il cervello degli animali di questa classe da quello degli animali di classe diversa; non è dunque ragione di credere, che anche il cervello degli altri animali non faccia anch' esso scorrere pei nervi l' elettricità, comunque poi questa venga eccitata: poichè qui non si tratta di generare o di elaborare l' elettrico, ma soltanto di destarlo o di rompere il suo equilibrio, come si fa in tanti modi nelle nostre esperienze. E qui ben mi cade in acconcio il ricordare, come *Gio. Davy* ha osservato, che nelle torpedini i nervi gastrici prendono origine da' nervi elettrici; e vedendo che nelle torpedini conservate e spesso eccitate, come pareva sospendersi o diminuire la secrezione della materia mucosa, così sospendevasi la digestione, pensò che allorquando l' elettricità non serve a difesa dell' animale, possa servire a promuoverne la digestione. Il prof. *Linari* cita a proposito di questa opinione altra sua simile osservazione, cioè che dopo essersi fatti, pel corso di due giorni, degli esperimenti sopra alcune torpedini, ed essendo poi morte ed aperte, si trovava nel loro stomaco scarseggiante il sugo gastrico, e de' pesci ingojati appena cambiati dallo

stato loro naturale, il che per altro non osservavasi nelle più vigorose.

« Il punto che resta a discutere è per avventura il più importante pel fisico, che si occupa in queste indagini, e tutto proprio di esso; cioè qual sia l'ufficio dell' organo elettrico di questi pesci. Che tale ufficio sia il suscitare l'elettricità al modo della Pila del *Volta* o della macchina elettrica, dopo le cose esposte non può ragionevolmente sostenersi.

« Ma sarà egli più ragionevole compararlo senza più a un ordinario conduttore? Ma un conduttore di seconda classe e così piccolo, sia quanto si vuole elettrizzato, non produrrà giammai la scossa, e gli altri effetti che produce l'organo di questi pesci. E a qual pro un tal organo? Non conducono l'elettrico assai bene la pelle spalmata di muco e bagnata d'acqua marina, i nervi, i muscoli, il sangue? Certo che sì . . . E pure è certo, che quell' organo, come a niun altro oggetto sembra utile, così è necessario esso e la sua comunicazione col cervello, alle scosse e agli altri fenomeni elettrici. Ma è vano spendere assai parole a provare che l'organo elettrico è qualche cosa più, che un ordinario conduttore. Difatto *Becquerel* osserva la differenza, che, secondo noi, esiste fra i pesci elettrici e gli altri animali, e che ne' primi la natura ha posto degli organi proprj a condensare l'elettricità che emana dal cervello, per aumentare la sua tensione a segno di farne un'arma offensiva, mentre negli altri l'elettricità ha solo la tensione atta alle contrazioni naturali ed alle altre funzioni affidatele.

« E veramente, se è troppo far di tali organi de'veri produttori di elettricità, se è poco farne senza più de' conduttori ordinarj, pare che altro non resti da giudicarli abili a condensare o forse ad aumentare l'elettricità ricevuta. A niuno, io penso, cadrà in mente di compararli ad un sistema di piccole Pile secondarie o ritteriane, caricate dal cervello, come le Pile di *Ritter* si caricano con le Pile Vol-

tiane. La struttura di essi organi esclude ogni analogia.

« Ma diremo ch'essi organi condensino l'elettrico alla maniera della boccia di Leida o del condensatore del *Volta*? La teoria di questi istrumenti e di ogni altro fondato sugli stessi principj, si riduce alla dottrina della elettricità latente o dissimulata per la prossimità della opposta elettricità: dacchè una elettricità diminuisce la tensione ed aumenta la capacità di quella di nome contrario. Affinchè ciò possa accadere fra corpi conduttori, soli atti a dar commozioni e simili effetti, conviene, se essi corpi si toccano, e molto più se non fanno insieme che un sol corpo, conviene dico, che il corpo intermedio, o la parte intermedia sia coibente, o almeno che delle due parti destinate ad opposta carica, una assai bene conduca e l'altra assai imperfettamente. Ora la parte superiore, la intermedia e l'inferiore dell'organo della torpedine sono al tutto simili ed omogenee, nè è possibile indicare il termine ove l'elettricità condotta debba arrestarsi e indurre per influenza nella parte vicina l'elettricità contraria. Adunque è impossibile spiegare col mezzo della condensazione indicata i fenomeni di questi pesci, p. e. le commozioni che si provano toccando la torpedine sopra e sotto e anche soltanto una delle superficie degli organi. Il *Volta* nella sua prima *Memoria* sulla Pila aveva già validamente confutato tali spiegazioni, ed anche più validamente l'avrebbe fatto, se avesse saputo che i rami nervosi formano tanti circuiti chiusi, ognuno dei quali ha un'ansa ne' lobi cerebrali e un'altra ansa nella parte della vescichetta dell'organo.

« Aggiungo che se l'elettrico trasmesso all'organo ivi si accumulasse e si condensasse, immediatamente prima della scarica, dovrebbe potersi avere qualche segno all'elettrometro almeno coll'aiuto del condensatore. Ora niun'ombra di segni elettrometrici hanno potuto ottenere dalla torpedine nè *Walsch*, nè *Hum-*

boldt e *Gay-Lussac*, nè *Onofrio Davy*, nè più recentemente *Giovanni* suo fratello, o *Colladon*, o *Matteucci*. Così niuno ne ottenne *Humboldt* dal ginnoto, *Faraday* e *Schoenbein*. È vero che il ch. prof. *Linari* afferma di aver avuto più di quaranta volte i segni di elettrica tensione, facendo uso di torpedini sane e di sufficiente grandezza e di un ottimo conduttore: era positiva, se questo comunicava col dorso dell' animale, negativa, se col ventre. Ma questi non erano segni elettrostatici dell' organo del pesce, come que' che si hanno dalla boccia di Leida, prima che si scarichi; ma era l' elettricità già scaricata da quello e trattenuta dallo strumento; il che otteneva, secondo ch'ei dice, *troncando all'istante della scossa la comunicazione che il condensatore elettroscopico aveva e con la terra e con una delle superficie del pesce.*

« Poichè l' organo della torpedine non può dirsi un condensatore elettro-statico, potrà almeno dirsi un condensatore elettro-dinamico? Pare che sì. Può immaginarsi l' elettrico condotto dai fascetti nervei, dividersi pe' loro filetti in ciascuna celletta dell' organo. Per mezzo poi del circuito chiuso all'atto della scarica prodursi delle correnti di derivazione, che si disperdono per la via della pelle nell' acqua del mare o in altri corpi circostanti, ovvero rientrare in corpo al pesce; e generarsi delle correnti di induzione al principio e alla fine della corrente inducente, e in qualsivoglia caso questa soffra considerabile variazione. Secondo gli esperimenti di *Colladon*, una torpedine dà tre scariche in un secondo, e continuando a scaricare per mezzo minuto primo dà in tal tempo da 24 scosse, ovvero 50 in un minuto, come ha accennato *Walsch*.

« Perciò è indifferente nell' esposta spiegazione il supporre che la torpedine mandi solo l' elettricità al suo organo allorchè è per farne una scarica, ovvero che sempre l' organo riceva ed emetta elettricità, ma assai scarsa e non indicata da nostri istrumenti. Il

Volta non era lontano da questa seconda opinione a motivo delle belle esperienze del *Galvani*, il quale ponendo delle rane preparate alla sua maniera sulla schiena ed anche a' fianchi della torpedine posta sopra un panno bagnato, le vedeva dibattersi tratto tratto e talora quasi di continuo, senza che il pesce fosse irritato, o mostrasse segno di dare la scarica ».

Con questa teoria delle correnti di derivazione e d'induzione, parmi si spieghino i fenomeni che presentano le torpedini. Le scosse e le deviazioni dell'ago, come più volte ho sperimentato, si hanno tanto più distinte quanto più distanti sono fra loro i punti coi quali si compie esternamente il circolo. È sempre necessario, che il circuito si compia o fra due punti distinti della medesima superficie, o che si chiuda immediatamente o mediatamente fra due superficie. È da questo che s'intende ancora d'onde proceda il fenomeno delle scosse, che prova il pescatore, il quale versa sulle reti raccolte nella barca dell' acqua salata, se per avventura trovasi entro esse una qualche torpedine. È un fatto bene determinato, riferito dal *Pianciani*, che se due piastre metalliche si applicano alle due superficie dell' organo, addotte queste a mutuo contatto, le dita sovrapposte ad esse piastre non provano alcuna commozione, benchè il pesce si scarichi; ma le commozioni non mancano tanto se si toccano le due superficie dell' organo ov' è la piastra, quanto se si toccano quelle dell'altro organo.

Anche *Masson* è di questa sentenza, e così pure *Henry*, il quale scrive: Le vive scosse date dai pesci elettrici possono ripetersi da correnti secondarie, e la grande massa nervosa trovata in questi animali può adempiere alle stesse funzioni di un lungo conduttore. Una corrente di debole intensità può produrre in un lungo filo una corrente secondaria capace di dare delle forti scosse, quantunque i differenti giri sieno semplicemente separati gli uni dagli altri

da cotone. *Henry* giunse ad imitare gli effetti delle scosse del ginnoto. Immerse egli la spirale induttrice portante superiormente l'elica indotta in un vaso a fondo piatto ripieno di acqua, ed i cilindri che impugnava furono situati all'estremità di un diametro dell'elica: le mani erano immerse nell'acqua secondo una linea parallela a questo diametro; ebbe egli una scossa nelle braccia: ma allorquando il contatto coll'acqua fu stabilito secondo una linea perpendicolare alla precedente, non ebbe a sentire che una debole sensazione in ciascuna mano, e non una scossa. Ed io ho potuto imitare i fenomeni della torpedine con fili piegati in eliche costituenti un circuito tutto chiuso, col solo artificio di avvicinare e di allontanare alternativamente le spire costituenti le spirali (1).

ARTICOLO IV.

§ 177. *Delle induzioni elettriche delle Torpedini.*

Il prof. *Santi Linari* ottenne fino dal 27 marzo 1836 i fenomeni più distinti d'induzione dalle scariche elettriche della torpedine. L'apparato era un sistema composto di due eliche e di tre quadrati moltiplicatori concentrici alle medesime. L'elica interna di questo apparecchio era elettro-magnetica, l'esterna era spirale semplicemente. La prima veniva isolata da un tubo di vetro; la seconda da un tubo di cartone. I tre moltiplicatori restavano in isolamento dalle eliche e tra sè, per altrettanti quadrati

---

(1) *Zantedeschi, lettera a sua Eccellenza il Principe di Canino, Presidente della sezione di Zoologia e Anatomia comparata della Riunione de' Naturalisti Italiani convocati in Milano, Venezia 20 settembre 1844; Diario n. 10 del 25 settembre; Annali delle scienze del Regno-Lombardo-Veneto B. I. 1845.*

di legno bianco, riuniti in un piano stesso normale, e dividente in mezzo le eliche (*Fig.* 82).

Si noti, che tutti i fili, dai quali risultavano l' eliche, ed i moltiplicatori, erano di rame, di varia poi lunghezza, e grossezza o diametro. Il filo avvolto in spira al tubo di vetro era lungo metri 59, 53 c., grosso millimetri 1, 1; quello avvolto al tubo di cartone lungo 44^{m}, 314, grosso 0^{mm}, 8; quello avvolto attorno al piccolo quadrato era lungo 14^{m}, 591, grosso 1^{mm}, 3; attorno del più grande lungo 55^{m}, 444, grosso 1^{mm}, 3; attorno dell' intermedio loro lungo 25^{m}, 096, grosso 0^{mm}, 8; quindi la somma di esse lunghezze ne formava come una di 198^{m}, 975. Il cilindro di ferro dolce aveva di lunghezza 0^{m}, 635, di diametro 0^{mm}, 035.

Le estremità dei predetti fili, da una parte e dall' altra delle eliche e dei quadrati, metallicamente riunite, costituivano le due estremità in sostanza di un filo in elica, che avesse per grossezza la somma di quelle di essi fili; perciò questo sistema od apparecchio così ordinato, non era che semplicemente una spirale elettro-magneto-dinamica, ossia un gran solenoide. Con questo apparato le deviazioni galvanometriche, la magnetizzazione e persino la scintilla d' induzione furono manifeste.

CAPO SECONDO

§ 178. *Della elettricità degli animali in genere.*

Il *Volta* ha sempre circoscritti tutti i fenomeni galvanici entro i cancelli della sua teoria elettro fisica o di contatto; ed il *Galvani* si rese non meno fermo sull'elettricismo fisiologico. Le prove sperimentali sulle quali egli si fondò vennero dal prof. *Grimelli* ai seguenti capi ridotte: I Conflitto elettro-fisiologico, ossia mutua azione e reazione fra l' elettrico applicato agli esseri viventi e le forze fisiologiche proprie de' medesimi, il quale conflitto fu grandemente

calcolato dal *Galvani* nell'azione dell'elettrico estrinsecamente diretto sui tessuti nerveo-muscolari, e nella conseguente loro reazione manifestata colle maggiori contrazioni: II Contrazioni elettro-fisiologiche ottenute coll'arco conduttore dell'elettrico, interposto fra nervo e corrispondente muscolo, senz' altro concorso di esterni agenti, maniere di contrazioni dal *Galvani* dimostrate ed ampiamente svolte come caratteristiche de' tessuti muscolari volontarj: III Contrazioni elettro-fisiologiche promosse pel semplice circuito, stabilito mercè il contatto immediato de'nervi crurali coi loro corrispondenti muscoli, escluso ogni altro esterno agente: IV contrazioni ottenute ne' muscoli crurali di una rana isolata, cimentandone i soli nervi crurali, o con un arco nerveo muscolare, o col nervo, o coi soli muscoli di altra rana isolata: V Comparazione delle rane, che fra i varj animali offrono in grado eminente i detti fenomeni elettro-fisiologici, colle torpedini, che offrono altri singolari fenomeni di somigliante indole: VI Scariche e correnti elettriche della rana e della torpedine.

Per le quali ragioni il *Grimelli* conchiuse, che in relazione all' origine o al procedimento non può considerarsi propriamente identità fra il così detto fluido elettrico manifestato dai corpi inorganici o privi affatto di vita, e il così detto fluido galvanico manifestato dagli esseri viventi o con un residuo di vitalità. Noi esporremo le esperienze de' fisici istituite sugli animali vivi e di fresco morti.

ARTICOLO I.

§ 179. *Della fisiologica-elettricità negli animali vivi.*

I primi ad avere correnti elettriche negli animali viventi a sangue caldo, immergendo contemporaneamente l'una nel cervello e l'altra in qualche muscolo due lancette di platino congiunte coi capi di un filo galvanometrico, e che servivano perciò nel tempo

stesso a ferire e irritare l'animale ed a condurre l'elettricità, furono i signori professori *Francesco Pucinotti* e *Luigi Pacinotti*. Essi osservarono che, durante la vita, la corrente elettrica era diretta dal cervello al muscolo, e che s'invertiva dopo la morte.

A consimili risultamenti giunsi ancor io nelle esperienze che feci in compagnia del sig. Dr. *Fario*, usando lancettoni di acciaio, e susseguentemente lancettoni di argento in compagnia dei signori dottori *Namias* e *Bizio*, e lancettoni ancora di platino. Le conclusioni alle quali pervenni furono quelle stesse che ho registrate nella mia prima *Memoria*.

I. *Negli animali a sangue caldo esiste una corrente elettro-vitale o nervo-elettrica, che noi chiameremo esterna o cutanea, la quale scorre per entro al tessuto cutaneo, e va nella costante direzione dalle estremità all'asse cerebro-spinale.*

II. *Negli animali a sangue caldo esiste una corrente elettro-vitale, che scorre dall'asse cerebro-spinale agli organi interni sottoposti alla cute, e perciò la diremo corrente elettro-vitale interna. La sua costante direzione è dall'asse cerebro-spinale agli altri visceri, oppure dal nervo al muscolo.*

III. *La corrente elettro-vitale negli animali a sangue caldo si affievolisce in ragione diretta del venir meno della vita; avvenuta la morte più non conserva la regolare direzione surriferita, ma ora va dal nervo al muscolo, ed ora dal muscolo al nervo.*

IV. *Il dolore indebolisce e sospende la corrente elettro-vitale, e se è massimo la inverte. I movimenti volontarj o automatici convulsivi danno per contrario una corrente maggiore.*

V. *La corrente elettro-vitale non si può scandagliare fra le varie parti di uno stesso viscere; il che è conforme alle proprietà delle correnti di derivazione.*

Alcuni dotti d'Italia e di Oltramonti si rifiutarono di riconoscere negli esposti risultamenti una

elettricità animale, e vollero che fosse di natura chimica o termica: così fu sentenziato a Bologna, a Torino ed ancora a Ginevra. Sulla natura termica fu dimostrato che l'ineguaglianza di temperatura dei due organi, nei quali s'infigge lo scandaglio non è valente a produrre nel galvanometro effetto sensibile; e sulla natura chimica delle correnti fu loro opposto, che dato che intervenga una chimica azione, sarà sempre un' azione in concorso della vita; perchè tolta la vita è tolta la regolarità di quelle leggi che abbiamo esposte. Nessuno de'fisici ha saputo opporre a questo argomento, nè se ne fece carico il *Berzelius* allorchè conchiuse che le esperienze di *Zantedeschi*, *Fario*, e *Roberts* non conducono ad alcun risultato decisivo. Io dirò poi, che i fisici sperimentatori di Bologna e Torino, non ebbero cura di vedere a quale temperatura i fenomeni elettro-vitali riescano meglio, quali individui si prestino a preferenza; nè si presero briga di separare l'azione elettro-comune dall' azione elettro-vitale. Altri fisici però furono più o meno persuasi dell'esistenza di queste correnti.

Frattanto *Prevost* porse nuovi argomenti per stabilire l'esistenza di una corrente elettro-fisiologica. Egli prese una rana vivace, e in un muscolo le praticò una ferita, e coi bordi di questa tenne in comunicazione i nervi lombari di una rana elettroscopica. Con uno stilo d'osso ferì le radici dei nervi ischiatici della rana viva; ella fortemente si divincolò e la rana elettroscopica si contrasse. La semplice contrazione adunque determinò la convulsione della rana elettroscopica.

Prevost determinò ancora la direzione della corrente animale. Egli scoperse il muscolo pettorale di un piccione vivente e praticò un' incisione perpendicolarmente alla direzione delle fibre; d'onde risultarono i bordi della ferita distanti di alcuni millimetri. Un nervo lombare bene isolato di un arto interiore di una rana elettroscopica fu messo in comunicazione in due punti distinti coi bordi della

ferita; e allorchè l'estremità libera comunicava col bordo superiore e il secondo punto coll'inferiore, avveniva la contrazione: stabilite inversamente le comunicazioni, non aveva effetto di sorta. Da questo fatto conchiuse *Prevost*, che la corrente animale è diretta nel muscolo dall'alto al basso, cioè *dalla testa alle estremità*. Collocando il nervo normalmente alla direzione delle fibre muscolari non ebbe mai contrazione alcuna. Con un galvanometro, compiendo il circolo coi bordi dalla ferita, ottenne la deviazione di 15°. Egli fu della costruzione di *Bonijol*, distinto artista di Ginevra, a cui deve la scienza degli utili risultamenti.

Avendo fatta la sezione longitudinale alla direzione delle fibre muscolari, e stabilite le comunicazioni colla rana elettroscopica e col moltiplicatore, o non ebbe contrazione o deviazione, o non l'ebbe sempre in un senso costante. Il che parmi si derivi da questo, che ora *Prevost* colse la corrente interna ed ora la corrente esterna.

È rimarchevole che la morte non apporta un termine immediato ai fenomeni: essi sussistono per venti e più minuti. Il che è una conferma di quanto io ho avvertito nella torpedine. Il *Matteucci* finalmente giunse a formare una Pila con cinque piccioni viventi. Spellate le due cosce di ciascun piccione, e messa allo scoperto una porzione della superficie muscolare in una di queste, veniva la superficie muscolare di una coscia a rappresentare un polo, mentre l'interno del muscolo della coscia opposta messo allo scoperto rappresentava l'altro polo. Per tenere in contatto le parti, egli si è servito o di una legatura o di pinzette di legno. Il sig. *Matteucci* otteneva al suo galvanometro 15 gradi di una corrente diretta sempre dall'interno del muscolo alla sua superficie. Ripetuta l'esperienza la vide rapidamente diminuire, e dopo la terza esperienza non fu che di sei gradi, sempre però nel medesimo senso. Secondo l'autore il sangue travasato e coagulato è

cagione della diminuzione della corrente, la quale aumenta di qualche grado una volta che questo venga rimosso.

Istituita un'esperienza di confronto con cinque ranocchie in ugual modo disposte, ha avuto una corrente di 10 gradi, più persistente per altro di quella ottenuta sui piccioni. E queste correnti, come ha ancora osservato nei conigli, o cessano al sopravvenire della morte, o non conservano la loro direzione.

ARTICOLO II.

§ 180. *Della fisiologica elettricità negli animali morti.*

Il *Nobili* ha scoperto, che la rana preparata alla foggia di *Galvani* è da sè sola capace di eccitare una corrente elettrica. Il muscolo delle parti inferiori, gambe e cosce, fa le funzioni di elemento negativo, il nervo crurale fa quelle di elemento positivo; sicchè compiuto il circuito con un arco omogeneo umido o metallico, si ha una corrente che percorre la rana dai piedi alla midolla spinale. È una corrente *inversa*, debole sì, ma che si manifesta a' miei galvanometri e che basta a scuotere la rana per un certo tempo.

Queste scosse hanno luogo in generale all'atto del chiudere il circuito. Gl' individui per altro di una estrema vivacità si scuotono quasi ugualmente nel chiudere come nell' aprire. Alcuni rari individui presentano il fenomeno della contrazione nel solo momento dell'aprire. Ecco il quadro di queste osservazioni.

Corrente inversa { Chiudendo-per lo più contrazione.
{ Aprendo - per lo più nulla.

Queste contrazioni non si ottengono, generalmente parlando, che per pochi minuti; in alcuni individui

durano per altro un quarto d' ora ed anche più. Ad ogni modo l' animale perde sempre la sua eccitabilità prima che cessi in lui la forza elettromotrice, come dimostrano i miei galvanometri, i quali messi nel circuito di rane spente da lungo tempo indicano ancora la presenza della primitiva corrente. Il risultato è interessante, ed i fisici non anche provveduti del mio istrumento possono verificare il fatto in altra maniera. Preparino una rana di fresco, e poi la mettano nel circuito di un' altra rana preparata molto prima ed impotente del tutto a scuotersi sotto l' azione non solo della propria corrente, ma di correnti ancora molto più considerabili. Vedranno la rana preparata di fresco agitarsi, quando sarà disposta nell' istesso senso dell' altra; la vedranno invece rimaner tranquilla, quando avrà la posizione inversa. Nel primo caso le correnti delle due rane vanno per lo stesso verso, si aggiunge forza a forza, e la contrazione ha luogo sulla rana che la può manifestare per la sua vivacità; nel secondo caso le due correnti vanno da parti opposte, e la corrente della rana non eccitabile da gran tempo è ancora tale da elidere l' effetto della corrente, che parte dalla rana piena di vivacità.

Questo risultato, come avvertii in un' altro lavoro, dimostra forse meglio di qualunque altro argomento che la corrente della rana non dipende in alcun modo dall' eccitabilità e dalle forze vitali dell' animale. È una corrente, aggiungerò adesso, accidentale determinata dalle condizioni fisiche, nelle quali poniamo noi stessi la rana nel prepararla a quel modo. *Volta*, il sommo *Volta* riteneva che fosse una corrente messa in attività dalla eterogeneità di due conduttori umidi, il nervo ed il muscolo. Io amerei invece di registrarla fra le correnti *termo-elettriche*. Il muscolo ugualmente che il nervo tendono naturalmente a disseccarsi, in grazia degli umori che vanno perdendo a poco a poco. Tali perdite bastano a mantenere un grado diverso di temperatura sulle due sostanze *mu-*

scolo e nervo, e non occorre altra diversità per eccitare una corrente elettrica. Io però non ho potuto mai invertere la direzione della corrente, alternando la temperatura in più ora del nervo ed ora del muscolo. Il che avrebbe dovuto accadere secondo le note teorie termo-elettriche.

Susseguentemente a questo lavoro il *Matteucci*, in parecchie *Memorie*, venne a parlare della corrente propria della rana e degli animali a sangue caldo; anzi ultimamente venne a dire della esistenza e delle leggi della corrente elettrica *muscolare* negli animali viventi o di fresco uccisi. Egli formò delle Pile composte di parti animali, disponendo le comunicazioni successive tra nervo e muscolo, o detratti anche i nervi, fra la parte interna ed esterna dei muscoli. Nel che egli non fece che ripetere quanto aveva osservato il *Nobili*, il quale in un esperimento della corrente della rana ebbe una deviazione nell' ago galvanometrico di 5°; da due disposte nello stesso senso la deviazione di 8°; e da tre rane, la deviazione di 10°. È erroneo ancora chiamare queste correnti muscolari, perchè detratti anche i nervi principali, nel l' interno non vi è la sola sostanza muscolare, ma vi sono ancora sparsi de' filamenti nervosi. Nelle esperienze del *Matteucci* vi sarebbe di particolare, se venissero riconfermate, che l' intensità della corrente, così detta muscolare, varia col grado di nutrizione del muscolo, e che è sempre più forte nei muscoli che ridondano di sangue e che sono infiammati: e che è indipendente dalla integrità del sistema nervoso motore e sensoriale e dalla sua attività; e che finalmente la durata di questa corrente dopo la morte è tanto minore, quanto più l' animale è elevato nella scala degli esseri. Osservò che l' influenza dei veleni narcotici è nulla o debolissima sopra questa corrente: tra i differenti veleni gazosi, l' idrogeno solforato solo gli parve operasse in una maniera rimarchevole nell' infievolire l' intensità della corrente. In ogni caso però rinvenne essere costante la direzione.

Prima del *Matteucci* si occupò di queste ricerche il signor *Grimelli*, il quale dimostrò con numerose esperienze, che per ottenere le contrazioni nei momenti del chiudere e dell' aprire il semplice circuito nerveo-muscolare della rana, bisogna addurre a combaciamento la sezione trasversale del nervo colla sezione trasversale del muscolo. Il nervo crurale si recide presso la sua inserzione nel midollo spinale, ed i muscoli della gamba si recidono presso l' articolazione del piede: e la sezione trasversale del nervo crurale si adduce a immediato contatto colla sezione trasversale de' muscoli della gamba, stringendo fra le dita della mano sinistra la colonna vertebrale di una rana preparata alla galvanica, e recidendo l' uno dei nervi crurali, sicchè gli arti inferiori restino pendenti per l' altro nervo crurale, e di tal guisa ripiegando colla destra l'una gamba fino alla estremità del nervo tagliato, rimasto aderente all'altro nervo o ripiegatosi sulla sommità della coscia. Potrebbe anche essere la rana distesa sur un piano inclinato od orizzontale.

Il *Galvani* aveva avvertita l' efficacia della sezione trasversale del nervo, e il *Grimelli* vi aggiunse la sezione trasversale del muscolo. L' efficacia singolare di questo modo di sperimentare si ripete dall' autore 1.° Dalla massima sensibilità propria della sezione trasversale del nervo crurale. 2.° Dal massimo afflusso elettrico procedente dalla sezione trasversale delle corrispondenti fibbre muscolari: 3.° Dalla sussistenza di tale sensibilità ed afflusso elettrico in relazione conveniente alle contrazioni suddette: 4.° Dal modo di contatto del nervo col muscolo opportuno al corso elettrico, valevole a promuovere le contrazioni.

Determinato il modo più efficace per avere le contrazioni. il *Grimelli* si occupò di rinforzare il circuito nerveo-muscolare, componendolo di arti di una stessa rana, o di più arti di parecchie rane: così è che recidendo e separando l'una coscia dall' altra, e unendo con laccio la estremità della gamba dell'un arto colla sommità della coscia dell' altro arto, poi ri-

piegando la estremità libera della gamba di questo secondo arto fino a portarla a contatto della sommità del primo arto, ossia del suo nervo, ottengonsi rinforzate le contrazioni negli atti sì di chiudere come di aprire un tale circuito ; che se si riuniscono in simile modo ambo gli arti inferiori di più rane formandone come una catena, in tal caso tutte le rane concorrono in ragione del numero a rinforzare l' azione elettro-galvanica. Se le singole rane, in tal modo riunite, sono di recente e da pochi istanti preparate tutte compiono il doppio ufficio di svolgere l' azione elettrica e di manifestarla colle contrazioni loro; mentre pochi istanti dopo la loro preparazione cessano di appalesare le contrazioni, restando però capaci per più ore di suscitarle in altra rana di recente preparata e interposta a compiere il circolo.

Comprovò ancora il *Grimelli* per varia guisa, che l' azione elettro-positiva della rana procede dai piedi alla testa, o dalle gambe alle cosce.

I. Egli vide che le contrazioni all' atto di chiudere il circuito si ottengono più agevolmente o più vigorose, applicando il nervo della rana elettroscopica all' estremo della catena rappresentato dalla sommità della coscia, e all' un tempo le gambe all' altro estremo, mentre le contrazioni all' atto di aprire il circuito stesso si ottengono più agevolmente e più vigorose colla inversa applicazione.

II. Colle indicazioni galvanometriche verificò, che la corrente elettro-positiva è diretta entro i tessuti dalle gambe alle cosce, e nel filo reometrico dalle cosce alle gambe.

III. Colle sensazioni mise fuor d' ogni dubbio lo stato elettro-positivo sulla sommità della coscia, e l' elettro-negativo alla estremità della gamba. A tal uopo suole egli preparare una rana galvanica, il cui tronco ridotto alla sola colonna vertebrale, resta unito pei soli nervi crurali agli arti addominali : quindi applica a due distinti punti della lingua, per l' una parte, l' estremità della colonna vertebrale, per l' al-

tra, l' estremità delle gambe recise presso l' articolazione del piede; nel punto toccato dalla colonna vertebrale ebbe a provare un leggiero sapore piuttosto agro o tirante all' acidulo, e nel punto toccato dalle gambe un leggiero sapore piuttosto acre o tirante all' alcalino.

IV. Finalmente n' ebbe una riconferma dal condensatore elettrometro. Questo stato elettrico osservò il *Grimelli* tanto maggiore, quanto più prevale l' azione nervea sulla sanguigna. Egli sempre vide, ed io pure riconfermai appieno, che alla più facile e durevole produzione di simili fenomeni sono oltremodo opportune le rane di tempera pituitosa o nervea e coi tessuti muscolari bianchicci, anzichè le rane di tempera sanguigna pletorica e coi tessuti muscolari rossastri: vide pure in simili esperienze, che quanto giova serbare il più possibilmente integro l' apparato nerveo che cade sotto lo sperimento, altrettanto giova riseccare il sistema sanguigno in modo da rendere il più possibilmente esangui o dissanguati i muscoli corrispondenti: laonde all' effetto delle contrazioni predette necessita prevalersi di rane vigorose, con nervi bene sviluppati, e musculatura bianchiccia, trucidate e dissanguate sollecitamente, non disseccate ma ripiene dell' umidore naturalmente proprio de' loro tessuti nerveo-muscolari: di tal modo scoperse il *Grimelli* intercedere un particolare rapporto tra l' azione nervea e la sanguigna per la produzione e la manifestazione delle azioni elettriche ne' tessuti organici: se non che resta del tutto ignoto il modo con cui l' azione nervea e la sanguigna cooperano a un sì mirabile processo e stato di elettricismo fisiologico.

Rinvenne pure il *Grimelli* in ordine alle influenze esteriori, che la stagione più opportuna per tutti i fenomeni elettro-fisiologici proprj delle rane è la primavera, specialmente nei suoi primi tepori, e in seguito l' autunno contemperato da simili tepori. Il *Matteucci* nel 1842 a Parigi, mentre la temperatura era a zero

gradi e al di sotto, dalle rane non ebbe effetto di sorta: gli parve che l' influenza del freddo sia minore sugli animali a sangue caldo, che a sangue freddo, e che in ogni caso è necessario che l'azione del freddo sia prolungata per indebolire o distruggere gli effetti elettro-animali. Ei vide ancora concorrere lo stato igrometrico ed elettro-metrico; ma non gli fu possibile stabilire risultamenti abbastanza precisi e categorici.

Ora è a vedersi, come avvertì e sapientemente discusse il *Grimelli*, che applicando ai nervi e ai muscoli gli archi conduttori del *Galvani*, o le coppie eterogenee del *Volta*, formasi un circuito, nel quale complicasi l' elettricismo fisiologico galvanico coll' elettricismo fisico Voltaico or l' uno sommandosi coll' altro, or mutuamente elidendosi, a seconda che procedono per lo stesso verso o per versi opposti.

Questa complicazione nei circuiti composti dell' elettricismo fisiologico col fisico, non fu avvertita dal *Galvani*, che, come vedremo, derivò ogni scaturiggine elettrica dai soli tessuti nerveo-muscolari: e fu postergata dal *Volta*, che dichiarò ogni origine elettrica procedente dall' arco umido o metallico, o idrometallico, interposto fra i nervi ed i muscoli; e non venne convenientemente valutata prima del *Grimelli* da alcun fisico. Io riferirò qui le leggi e le vicende elettro-fisiologiche, che ridusse alle seguenti, le quali sono i risultamenti immediati delle sue osservazioni ed esperienze:

I. *Nel più semplice circuito nerveo-muscolare instituito mercè il contatto immediato della sezione trasversale del nervo crurale colla sezione trasversale de' corrispondenti muscoli, si producono le contrazioni complete, ossia tanto nell' atto del chiudere quanto in quello dell' aprire simile circuito.*

II. *Nel circuito istituito mercè il contatto immediato della sezione trasversale del nervo colla esterna superficie del muscolo, o viceversa, si ottengono le contrazioni incomplete, ossia nel solo atto di chiudere un tale circuito.*

III. *Nel circuito istituito mercè il contatto immediato della esterna superficiè del nervo colla esterna superficie del muscolo, le contrazioni manifestansi oltremodo incomplete ed agevolmente mancano anche del tutto.*

IV. *Nel circuito composto di più rane unite in serie ordinata, congiungendo la sommità delle cosce colle estremità delle gambe, si producono le contrazioni più o meno complete e gagliarde in ragione del maggior o minor numero di simili animali, e a norma del chiudere e dell' aprire il circuito mercè il contatto e il distacco o della sezione trasversale o della superficie esterna de' nervi e de' muscoli.*

V. *Nel circuito composto per l' una parte de' tessuti nerveo-muscolari forniti di tutto il loro naturale elettricismo fisiologico, e per l' altra di sostanze conduttrici, il cui elettricismo fisico sia minimo o trascurabile a fronte del fisiologico, le contrazioni sorgono tanto più complete quanto più facile è il corso dell' elettrico dai tessuti organici alle interpostevi sostanze, e da queste a quelli.*

VI. *Nel circuito composto de' tessuti nerveo-muscolari costituiti nella pienezza del loro elettricismo fisiologico, e di corpi elettromotori, il cui elettricismo fisico sia prossimamente uguale al fisiologico, le contrazioni riescono tanto più complete quanto più l' elettricismo fisiologico e il fisico si combinano in modo che ambi procedano per lo stesso verso ossia l' elettro-positivo dai muscoli ai nervi.*

VII. *Nel circuito composto de' tessuti nerveo-muscolari dotati di tutto l' elettricismo loro proprio, e di un sistema elettromotore, il di cui elettricismo fisico superi a dismisura il fisiologico, ottengonsi le più complete contrazioni per qualunque verso sieno dirette le azioni elettriche sui tessuti nerveo-muscolari o sui soli nervi, o sui soli muscoli.*

VIII. *In ogni maniera di circuito, semplice o composto, finchè la forza nerveo-muscolare sussiste nel naturale suo vigore, le contrazioni producònsi com-*

plete dietro qualsiasi applicazione dell' elettromotore Voltaico fornito di azione proporzionata all' uopo.

IX. *In ogni circuito al venir meno la forza nerveo muscolare, le contrazioni incominciano a farsi incomplete e difettose; ma nei primi istanti del venir meno quella forza, supplisce a simile difetto l' aumento dell' azione elettrica fino al punto di riprodurre le primitive contrazioni complete.*

X. *In qualsiasi circuito, qualora la forza nerveomuscolare è scaduta in modo da offrire le contrazioni solo alle maggiori azioni elettriche, tali contrazioni riescono incomplete ottenendosi unicamente nell' atto del chiudere il circuito, quando l' azione elettro-positiva procede dai nervi ai muscoli o sui soli nervi verso i muscoli, ed unicamente nell' atto di aprire il circuito stesso, quando la sua azione elettro-positiva è diretta dai muscoli ai nervi o da questi al midollo spinale.*

Da queste leggi dedusse il *Grimelli* un criterio *elettro-necroscopico.*

SEZIONE NONA.

§ 181. *Del Magneto-Elettrico.*

Chiamansi correnti *magneto-elettriche*, quelle che si sviluppano per l' influenza di una calamita in un filo metallico, e' in generale in un conduttore. I fisici, sino dai primi tempi nei quali videro che l' elettrico avea potenza di magnetizzare l' acciaio, rivolsero le loro ricerche al magnetico per averne fenomeni elettrici. Così noi sappiamo che *Beccaria* fece dei tentativi per trarre delle scintille dagli aghi e dai ferri calamitati, all' avvicinarsi dei loro poli opposti. *Ritter* appresso annunciò aver ottenuto fenomeni elettrici dal magnetico: formava egli delle Pile sovrapponendo calamite a calamite. Per tal modo affermò aver ottenuto il lampo, il sapore e la scossa con un aumento di energia proporzionale al numero delle calamite componenti la Pila: leggiamo pure, che in Vienna a quei

dì si decompose l'acqua col mezzo delle magneti, come la si decompone colla Pila Voltiana; ma questi fatti vennero trascurati dai fisici per la impossibilità nella quale si trovarono di riprodurli. A' nostri giorni *Becquerel* osservò l'influenza magnetica esercitata ne' corpi da una energica calamita; ed *Arago* nel 1824 e 1825 discoperse delle azioni reciproche fra calamite e dischi metallici in quiete ed in moto. Niuno però col mezzo delle calamite potè avere fenomeni elettrici propriamente detti, statici o dinamici.

Nel 1829 io discopersi in Pavia, che in un filo conduttore sottoposto all'influenza di una calamita si promuove una corrente elettrica, che si rende manifesta al galvanometro; ma siccome questa mia scoperta è stata oggetto d'invidia e di vergognose passioni; che solo tra noi trovarono due ministri poco nobili (1), così io amai di ripetere le mie esperienze agli inglesi *Chartres*, membro della Società Geologica di Londra, ed a madama *Somerville*, amendue conoscenti ed amici del *Faraday*, e a tutti quelli che ricercano il vero: tra quali ricorderò il sig. dottor. *Zambra*, professore di fisica nell' I. R. Liceo di Udine, il sig. dottore *Gintl*, professore della stessa scienza nell' I. R. Università di Gratz, e il nobile sig. *Minotto*, membro effettivo pensionato dell' I. R. Istituto Veneto, il quale dopo aver prese le notizie le più positive della questione, ed essersi convinto con ripetute veridiche esperienze, ebbe a scrivere nel *Supplemento* del suo riputatissimo *Dizionario* all'articolo *Magneto-elettricismo* queste parole:

---

(1) *Zantedeschi, Risposta alle accuse date sulla priorità di alcune scoperte dal sig. prof. Majocchi, Annali delle Scienze del regno Lombardo-Veneto* 1842, *pag.* 193, 276; *Risposta del prof. Zantedeschi all'articolo del prof. Majocchi intitolato: Alcune osservazioni risguardanti le correnti magneto-elettriche, Annali suddetti* 1844, *pag.* 10.

« Primieramente è da osservarsi aver ivi (articolo *Calamita*) noi pure, con moltissimi altri, attribuito la prima idea di questo genere di fenomeni all' inglese *Faraday*; ma vuolsi qui per giustizia notare come un fisico italiano reclami intorno a ciò diritto di priorità. Dobbiamo perciò disappassionatamente affatto indagare se questo reclamo sia valido veramente.

« Il titolo di priorità dallo *Zantedeschi* accampato fondasi intieramente sopra esperimenti da lui fatti nel 1829, annunziati in una lettera che porta la data del 27 marzo di quell' anno, e pubblicatasi nell' anno stesso dalla Biblioteca Italiana. La scoperta del *Faraday* venne annunziata alla Società reale di Londra sul finire dell' anno 1831. e nel 26 dicembre *Hachette* ne comunicò all' Accademia delle scienze di Parigi la notizia, che tosto da parecchi giornali venne diffusa. Non vi è adunque alcun dubbio circa alla precedenza di ben quasi due anni delle cose dello *Zantedeschi* a quelle del *Faraday*, sicchè resta solo a vedere fino a qual punto sieno le prime analoghe alle seconde. Dobbiamo a tal fine qui riportare le precise parole dello *Zantedeschi* quali le stampava nel luogo anzidetto, in guisa di poscritto ad una *Nota* dello *Zantedeschi* medesimo *sulla influenza reciproca del magnetismo e delle azioni chimiche*.

« Aggiungo in forma di appendice all' esperienza prima e seconda della prima parte, un' altro fatto da me osservato più volte in questo mese, il quale non dovrà almeno riuscire discaro, perchè tende quale anello ad unire i diversi fatti elettro-magnetici con la loro sorgente. Ho preso una calamita fatta a ferro di cavallo, del peso circa di una libbra francese, e che potè sostenere un peso di circa quattro a cinque libbre; ed attorno a ciascun polo ho avvolto strettamente un filo sottilissimo di rame, in modo che collocata la calamita a una distanza di 15 a 16 piedi parigini, potea sperimentare sulle estremità separate di detti fili. Ora, preso un moltiplicatore a due calamite, ho ai capi del filo medesimo (che è di rame

circondato di seta) attaccate due piastrine di rame ben lucide, con le quali, mediante due verghette di legno, per non alterare la temperatura, congiunti i fili che abbiam detto essere in comunicazione coi poli della calamita, ho veduto che l' ago magnetico sviasi dalla naturale sua posizione, declinando verso l'oriente il polo al di sopra del quale entra l' azione magnetica del polo nord, e verso l'occidente, se questa entra al di sotto di esso, non altrimenti di quello che avviene coll' elettrico ordinario. La declinazione era da otto a dieci gradi. Parmi che questo fenomeno non si possa ascrivere alla facoltà elettromotrice, perchè il rame trovasi fra due forze uguali e contrarie ; e dato anche, come ho sperimentato nei liquidi, che le correnti elettriche, qualunque sia la loro direzione , non sviinsi come la luce e il calorico raggiante, non dovrebbe il moltiplicatore dare alcun segno, come è chiaro. Pare adunque che tale effetto debba ascriversi al magnetico, e però che il polo nord equivalga al polo zingo di un apparato Voltiano. Spero che altri esperimentando con moltiplicatori più dilicati, come col siderescopio di *Lebaillif*, potrà ottenere effetti maggiori, che udirò quando che sia con piacere ».

« Venne dato un sunto di questa esperienza nel T. XLIII della *Biblioteca Universale di Ginevra* pubblicatosi nel gennaio 1830, ove si avvertiva di più che la deviazione avea luogo in un senso o nell' altro secondo la posizione dei poli della calamita.

« Dietro la lettura di quegli articoli non pare intanto a noi che si possa mettere in dubbio da chicchessia, come lo *Zantedeschi* abbia pel primo attribuito al magnetismo la importantissima proprietà di dare gli stessi effetti dell' apparato di *Volta* mediante spirali adattate ai poli di una calamita. Quand' anche adunque la deviazione da lui ottenuta fosse stata prodotta da altra cagione o non si fosse prodotta del tutto, egli aveva sempre tentato di osservare quei fenomeni, che vennero posti dappoi in maggior luce. Non possiam in verun modo accordarci con quelli i

quali vogliono sostenere essere nullo il merito delle prime idee nelle importanti scoperte, ma questo tutto doversi a quelli, che realmente le mandano ad effetto, imperciocchè è certo occorrère maggior ingegno per prevedere ed immaginare il modo di ottenere un nuovo effetto di quello che per migliorare la materiale esecuzione degli esperimenti e ridurre quell' idea ad atto pratico; cosa inoltre la quale spesse volte più che a mancanza di perspicacia nello scopritore, è da attribuirsi a mancanza di mezzi, o ad imperfezione degli aiuti meccanici posseduti in allora, sicchè quella esecuzione che riusciva quasi impossibile un tempo rendesi dappoi facilissima. Crediamo pertanto due e ben distinti essere i meriti di ogni scoperta; l' uno di chi la fa, l' altro di chi la rende utile; dovendosi al primo tutto l'onore della scoperta medesima, al secondo quello soltanto della più o meno grande difficoltà superata nel mandarla ad effetto.

« Lo *Zantedeschi* però asseriva avere avuto altresì un effetto quantunque debole, e non v'ha dubbio in allora che tutti e due i meriti suaccennati gli competessero. Se non che alcuni fisici insorsero contro, opponendo non potere in quella disposizione esistere alcuna di quelle correnti posteriormente osservatesi dal *Faraday*, ed avere in fatto ripetuta quella esperienza senza ottenerne gli effetti annunciati dallo *Zantedeschi*. D'altra parte questi rispondeva non potersi negare teoreticamente per assoluto nella disposizione anzidetta ogni corrente; imperocchè una circostanza qualunque che modificasse l'intensità del magnetismo nella calamita bastava a produrne, e fra queste, la sola ineguaglianza di temperatura ai due poli, prodotta dal ravvogliere successivamente prima sull'uno poi su l'altro i fili ad elice. Non per questo vuol egli che si possano quei risultamenti considerare termo-elettrici puramente, poichè verificò non aversi deviazione ravvolgendo le spirali intorno ad un corpo non suscettibile di magnetizzazione; sicchè l' effetto apparve essere d'induzione del magnetismo posto in

moto pel calore. Quello però che vi ha di più importante si è che lo *Zantedeschi* stesso disse aver ripetuto l'esperimento precisamente a quel modo, che aveva indicato nel 1829, in presenza di molte e distinte persone, avendone sempre l'effetto sino d'allora indicato, e si esibì pubblicamente di mostrarlo a chiunque desiderasse. Approfittando di questa di lui dichiarazione e desiderosi di veramente conoscere quanta parte di merito nella scoperta del magneto-elettricismo spettasse veramente all'Italia, pregammo il Professore medesimo a farci vedere quella esperienza; al che avendo egli accondisceso, ci potemmo personalmente convincere che nelle identiche circostanze notate nel passo sopraccitato della *Biblioteca Italiana* del 1829, tanto con fili fasciati di seta con le loro cime congiunte insieme, oppure portate a contatto della calamita, come con fili nudi, per adattarsi a tutte le interpretazioni che si potevano dare a quel passo, pel solo effetto del ravvolgersi le spirali prima sull'uno, poi sull'altro braccio della calamita, si avevano deviazioni del galvanometro, e questi effetti ottenevansi anche dopo un certo tempo dacchè si erano formate le spirali, se non che si andavano affievolendo mano a mano che il disquilibrio di temperatura cessava. Giustamente diceva quindi lo *Zantedeschi* di avere ottenute deviazioni del galvanometro a quella maniera, ed a torto altri opponevano non avere avuto alcun effetto operando come l'articolo della *Biblioteca Italiana*. Se non che restava a vedere se quell'effetto fosse termo-elettrico semplicemente o termo-magneto-elettrico, come lo *Zantedeschi* diceva. Ripetemmo perciò l'esperimento, fasciando, con doppia stoffa di seta, i bracci della calamita per impedire che i fili di rame fasciati di seta la toccassero negli spigoli quando ve li ravvolgevamo a spirale. Congiungendo questi fili da un capo e facendoli comunicare col moltiplicatore dall'altro, osservammo aversi anche in tal modo deviazioni dell'ago, riscaldando più un braccio della calamita che l'altro; ma però

molto minori, che quando i capi dei fili toccavano il ferro della magnete. Operando nelle identiche circostanze con un cilindro d'antimonio con perfetto isolamento dei fili, l' azione era nulla, e molto forte invece quando i capi dei fili toccavano l'antimonio, il che provò essersi così al tutto evitata l' influenza del termo-elettricismo. Crediamo quindi potere conchiudere che i fenomeni dallo *Zantedeschi* nel 1829 osservati erano misti, dipendendo bensì per la massima parte dal termo-elettricismo, in parte altresì dal magnetismo disquilibrato pel parziale riscaldamento di un polo della magnete. *A lui spetta quindi il merito di avere proclamata la elettricità prodotta dal magnetismo, e quello altresì di averne veduto la esistenza pel primo con un esperimento*, dovendosi confessare però, ad onore del vero, essere stato questo eseguito in assai poco favorevoli circostanze, nè averlosi interpretato debitamente; perciò quei risultamenti non avere di per sè stessi prestato aspetto di qualche importanza, ed al *Faraday* doversi la benemerenza di avere posta in assai maggior luce la cosa, adittandone esattamente le leggi e mostrandone più cospicui ed evidenti gli effetti, destando così un sì grande interesse nel mondo scientifico da fare che tutti i fisici si dessero allo studio di questa nuova serie di numerosi fenomeni. Parecchi distinti fisici italiani resero allo' *Zantedeschi* la dovuta giustizia, fra quali il *Configliacchi*, *il Fusinieri*, il *Pianciani*, il *Barlocci* ».

Premesso questo monumento istorico, sul quale porterà la posterità precipuamente imparziale giudizio, perchè lontana da ire e da passioni, noi veniamo alla divisione della Sezione. Tratteremo da prima del magneto-elettrico di una calamita permanente; di poi del magneto-elettrico di una calamita temporaria; appresso istudieremo i mezzi imaginati dai fisici pel rinvigorimento delle correnti magneto-elettriche e gli effetti che ne ottennero.

CAPO PRIMO

§ 182. *Del magneto-elettrico di una calamita permanente.*

Il magnetismo permanente può considerarsi nelle calamite naturali ed artificiali e nel globo. Perchè ordinata e chiara riesca questa scientifica trattazione, è necessario e nelle magneti e nel globo istudiare i fenomeni elettrici.

Noi impertanto ricorderemo, in quanti modi possa eccitarsi una corrente elettrica in virtù del magnetico, e quali ne sieno le leggi.

Due sono i modi, coi quali possiamo avere da una calamita permanente una corrente elettrica: *a*) col sottoporre alla sua influenza una spirale senza apportare cangiamento sensibile nella distribuzione del magnetismo: *b*) coll' apportare un' alterazione nel magnetismo. Le prime io le chiamo correnti *stato-magneto-elettriche*, e le seconde *dinamo-magneto-elettriche* (1).

ARTICOLO I.

§ 183. *Delle correnti Stato-Magneto-elettriche.*

Il *Faraday* ha osservato per il primo che avvicinando delle calamite a delle spirali elici si producono delle correnti elettriche, e che allontanando queste spirali si formano delle correnti in senso contrario. Tre sono i fatti che vengono riferiti nel modo di esperimentare del *Faraday*: 1.° all' atto dell' avvicinamento, l'ago del galvanometro devia da una parte per un dato numero di gradi; il che in-

---

(1) *Zantedeschi, Della Dinamica e Statica Magneto-elettrica*, *Annali delle Scienze* 1837, *pag.* 81.

dica la presenza di una corrente eccitata dal magnetismo sulla spirale messa preventivamente in comunicazione col moltiplicatore: 2.° *Faraday* affermò e tutti i fisici hanno ripetuto, che questa corrente non dura che un istante solo e che si estingue completamente, come dimostra il ritorno dell' indice alla consueta sua posizione di equilibrio: 3.° All' atto di togliere la spirale dalla presenza della calamita, l'ago del galvanometro devia dal lato opposto, dimostrando con ciò lo sviluppo di una corrente contraria a quella che si eccitò da principio.

Ampere e *Becquerel* osservarono, che portando rapidamente in un cilindro cavo vestito di spirale la parte media di una calamita si produce nel galvanometro una deviazione tre o quattro volte più grande di quella che si ottiene collocandovi un polo della stessa calamita; che per qualunque parte del cilindro cavo, che si tiri fuori la calamita, la deviazione è sempre contraria a quella del suo ingresso; che entrando ed uscendo la calamita per salti successivi, ad ogni salto si ha una deviazione del galvanometro, e che per tutto quel tempo che la calamita è immobile nella spirale, non vi è azione alcuna sul moltiplicatore. Anche il *Zamboni* e il *Dujardin de Lille* s' accorsero delle correnti magneto-elettriche prodotte dai movimenti galvanometrici. Intorno a queste correnti prodotte dal magnetismo, io feci delle esperienze sulla loro fugacità, direzione e stato del filo conduttore sottoposto all' influenza di una magnete.

Fugacità delle correnti stato-magneto-elettriche. Queste correnti sono così fugaci di lor natura, che i fisici che ne parlarono, sentenziarono essere istantanee; e gli stessi *Nobili* ed *Antinori*, che nella loro prima *Memoria* avevano scritto con espressione adattatissima, che queste correnti *durano ben poco*, poscia dissero che non circolavano che *per un solo momento*, e che la loro esistenza era al tutto *precarissima* ed *istantanea*. Ciò mi diede motivo ad una

rettificazione, mostrando che *decrescono rapidamente, da non averne più indizio dopo qualche minuto secondo.*

Direzione di queste correnti. La direzione della corrente stato-magneto-elettrica *è inversa a quella della corrente eccitatrice il magnetismo all' atto dell'avvicinarsi della spirale al polo magnetico; e la stessa all' atto di allontanarla.* Per verificare questa legge non si ha che a prendere una spirale cava, i capi della quale comunichino con un galvanometro, introdurla ed estrarla da un polo magnetico, ed osservare la direzione del movimento dell' ago galvanometrico. E per non cadere in errore, bisogna osservare se la spirale è *dextrorsum*, ossia le cui elici poste verticalmente e considerate nel loro andamento ascendente, vadano da sinistra a destra, come sono in generale le viti *diritte* che si usano nelle arti; ovvero *sinistrorsum*, cioè da destra a sinistra, come sono le viti chiamate nelle arti *rovesce.* La legge della magnetizzazione esposta alla Sezione V pag. 10, dovrà essere sempre presente al pensiero, per fare il necessario confronto (1).

Stato del filo conduttore immobile in faccia ad una magnete. Faraday nella sua prima *Memoria*, letta il 24 novembre del 1831 alla Reale Società di Londra, considerò il conduttore immobile in presenza di un polo magnetico come in uno stato o condizione elettrica di tensione, che denominò *elettro-tonico*, senza che però abbia potuto scoprire proprietà di sorta; ma nella seconda Memoria letta alla suddetta Società il 12 gennajo 1832, mutò sentenza, e ritenne come sommamente probabile, che allorquando non v' ha movimento, un filo metallico ancorchè vicinissimo alla magnete non provi influenza di sorta e non si costituisca in uno stato differente dal suo

(1) *Zantedeschi, Saggio Magneto-Elettrico, pag.* 129, *Venezia, Tipografia Armena di S. Lazzaro*, 1839.

stato ordinario. « I nostri esperimenti, dice il cav. *Nobili*, lasciano la questione allo stesso punto; non così il ragionamento, il quale ci fa fare in essa un passo che ci sembra interessante, conducendoci alla conseguenza, che non debba esservi realmente nè tensione nè corrente elettrica per tutto il tempo che i fili metallici soggiornano in faccia del magnetismo. Dal momento infatti che i due punti estremi di questo intervallo, il *principio* e la *fine* sono segnati da due correnti di *ugual forza* e *contrarie*, bisogna necessariamente, che il tempo compreso fra i due opposti ed uguali effetti scorra senza l' uno e senza l'altro. E ciò che il principio della ragion sufficiente giustifica per il fenomeno delle correnti, si estende per forza di analogia alla *tensione*, che deve precedere le due correnti. La tensione da cui trae origine la prima corrente, la prodotta, non esisteva prima del presentarsi del filo metallico alla calamita, si determina in questo punto e non resta un momento solo sospesa nel suo esercizio, essendo immediatamente susseguita da una corrente, che va per un dato verso. All' atto dell' allontanarsi della spirale dalla calamita, non succede altro che il fenomeno inverso; inversa adunque sarà in questo caso la tensione, ma istantanea come la prima: e siccome questa nasceva per la sola circostanza dell'affacciarsi del filo alla calamita, così nascerà l'altra per la sola circostanza dell' allontanarsi. »

Ecco poi l' idea che il *Nobili* si è formata dello stato elettro-tonico del *Faraday*: « Se la elettricità agisce sui corpi, egli dice, i corpi reagiranno necessariamente sulla elettricità, ed un fenomeno elettrico sarà sempre un fenomeno misto, dovuto in parte al fluido elettrico, ed in parte al corpo sia considerato in massa, sia nelle singole sue particelle, secondo le circostanze. Tutto sta nel ben distinguere ciò che tocca a ciascuno dei due elementi, e quale è nei singoli casi il primo ad essere posto in azione. Nella questione che ci occupa, sarebbero le particelle del

metallo, che sotto l'influenza delle correnti esteriori si sposterebbero le prime, inducendo nel fluido elettrico, che le circonda a guisa di piccola atmosfera, *uno stato di tensione* qual converrebbe, per la durata e la direzione, allo sviluppo della prima corrente del sig. *Faraday?* Secondo questo modo di vedere, lo stato elettro-tonico consisterebbe nello spostamento di quelle particelle; spostamento che durerebbe per tutto il tempo, che resta il filo metallico in presenza della corrente, e che poi al togliersi di questa corrente cesserebbe immediatamente retrocedendo le particelle al loro posto, e riproducendo in questo ritorno il fenomeno inverso, cioè una tensione ed una corrente contraria a quella del primo momento, nel quale le particelle furono tutte strascinate un passo innanzi dalla corrente produttrice. Lo stato elettro-tonico non sarebbe così uno stato veramente elettrico, che nei due istanti del suo nascere e del suo sparire; in tutto il resto del tempo sarebbe uno stato di stiramento; uno stato di violenza per le particelle metalliche trasportate fuor di posto dalla corrente, e mantenute in quella forzata posizione sintanto che dura la causa che ve le ridusse. In questo stato, non vi è così a tutto rigore nulla di elettrico; il principio e la fine si converte unicamente in *tensione elettrica* per la rapidità dei movimenti, che hanno luogo in quei due momenti, e per cui si sbilancia momentaneamente il fluido elettrico intorno alle rispettive particelle. È di fatto evidente per la natura eminentemente conduttrice delle sostanze metalliche, che quello sbilancio, quella tensione, non potrà durare d' intorno alle particelle che un solo momento; il fluido sbilanciato tenderà immediatamente a mettersi in equilibrio, e passando rapidamente dall'una all' altra particella determinerà nella massa una corrente istantanea conforme ai risultati della esperienza. »

Io convengo col *Nobili,* che per tutto quel tempo, nel quale i fili metallici soggiornano in faccia al

magnetismo, non vi debba essere corrente elettrica, e ciò appunto perchè i due estremi di questo intervallo, il *principio* e la *fine* sono segnati da due *correnti uguali e contrarie*; l'elettrico ne'fili metallici dee rimettersi in equilibrio con una potenza eguale a quella con la quale era stato disquilibrato ne' fili dalla virtù della magnete; ma non posso convenire col *Faraday* e col *Nobili*, che non v'abbia tensione. Essa dee precedere la corrente, e se sorge nel filo, allorchè comincia a trovarsi nell' atmosfera di attività della magnete, perchè deve estinguersi, allorchè il filo si è avvicinato vie maggiormente, e immobile rimane in faccia alla virtù magnetica? Non sarebbe questa una contraddizione? l'accumulamento elettrico deve avere raggiunto il suo massimo; e perciò non più movimento, come nei fenomeni comuni d' induzione; e levato il filo dalla virtù induttiva della magnete l' elettrico accumulato deve distribuirsi ugualmente in tutta la sua massa, producendo così una corrente diretta in senso opposto alla precedente, come costantemente ho veduto ne' miei esperimenti d' induzione elettrica, istituiti con un galvanometro ed una bottiglia di Leida (1).

Io ammetto che la elettricità agisca sulle molecole dei corpi, come ne convincono gli esperimenti del *Fusinieri* ed i miei sul trasporto della materia pesante, e quelli ancora del suono galvanico, e che le molecole de' corpi reagiscano sulla elettricità, come ne dimostrano gli effetti d' induzione del *Faraday* e del *Belli* (2); ma in confronto delle molecole dei corpi pesanti, il primo ad esser posto in azione parmi sia l'elettrico, come ne mostrano gli ordinarj fenomeni d'induzione, e che possa appresso in qualche caso avvenire uno spostamento nelle particelle del conduttore, come ne'recati esempi del suono Voltaico (3);

---

(1) *Zantedeschi, Saggio Elettro-Magnetico, pag.* 86.
(2) § 31, *pag.* 114 *della I. P. di questo Trattato.*
(3) § 90, *pag.* 36 *della II. P. di questo Trattato.*

per cui in mia sentenza *lo stato elettro-tonico è uno stato elettrico di equilibrio rispettivo o di tensione elettrica*, e non di stiramento, di violenza delle particelle metalliche trasportate fuori di posto dalla corrente, come vuole il *Nobili*, e mantenute in quella forzata posizione sintanto che dura la causa che ve le ridusse; perocchè qual è questa causa dello spostamento? l' influenza magnetica; e questa avrà la virtù di spostare le molecole del filo conduttore e non di rimuovere l' elettrico naturale? di tenerle in una forzata posizione per tutto quel tempo, che il filo conduttore rimane immobile in faccia alla magnete? qual fenomeno della natura ci guida ad ammettere questa ipotesi?.o non anzi tutti i fatti elettrici sono a favore della sentenza dello spostamento dell' elettrico naturale nel filo congiuntivo?

Ai poli di una calamita fatta a ferro di cavallo si avvolga una spirale da sinistra a destra o *dextrorsum* con un filo di rame coperto di seta, che abbia il suo principio al polo sud e la fine al polo nord, e si chiuda il circolo con un galvanometro astatico a filo corto e si avrà una deviazione di circa un grado, la quale indicherà che il capo della spirale al polo sud è positivo. e negativo quello che è al polo nord. Fino dall'anno 1835 io ebbi ad osservare, che per tutto quel tempo che la spirale rimane immobile intorno ai poli di una magnete, è in uno stato di tensione (1); ma a questo stato non furono peranco rivolte le ricerche de' fisici: se amano di dare una soda teoria del magneto-elettrico, è necessario che si prendano cura della determinazione di questo fenomeno, perchè esso ne costituisce la base o il fondamento.

---

(1) *Esperienze risguardanti la direzione e intensità delle correnti magneto-elettriche del prof. Zantedeschi. Ateneo di Brescia*, 10 *aprile*, 1835; *Brescia Tipografia del Pio Istituto in S. Barnaba*, 1835; *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto*, 1835, *pag.* 329.

§ 184. *Del Magnetismo di Rotazione.*

Alla classe dei fenomeni esposti in questo articolo, riferisco ancor quelli che sono conosciuti comunemente sotto la denominazione di *magnetismo di rotazione*, discoperto da *Arago*. Essi si riducono ai tre fatti seguenti:

I. *Un ago di declinazione, oscillando in vicinanza ad un metallo, si riduce allo stato di quiete con minor numero di oscillazioni, di quello che oscillando senza quella vicinanza: ma la durata di ciascuna oscillazione ne' due casi è la stessa.*

II. *Un disco di metallo, che rota vicino ad un ago magnetico o ad una calamita, imprime a questo un moto per la stessa direziane.*

III. *Rotando un disco orizzontale di rame vicino ad un ago d' inclinazione reso verticale e mobile in un piano verticale, che passa per un raggio supposto immobile del disco, il polo vicino al disco viene sollevato e spinto verso il centro fino a due terzi di quel raggio, e verso la periferia per l' altro terzo del raggio; e fra le due posizioni l'ago non è mosso dal disco che ruota.*

Boettger prof. a Francfort sul Meno, consiglia che pel magnetismo di rotazione si formi un ago a doppj poli per ciascuna estremità. Il che si ottiene con una spirale, che in parte sia *sinistrorsum* e in parte *dextrorsum* per ciascuna metà. Egli afferma essere mobilissimo.

A questi fatti aggiunse l'*Arago*, che l'azione reciproca non era solamente fra l' ago magnetico e i metalli, ma anche fra l' ago e qualunque sostanza solida o liquida posta di sotto.

I fisici si diedero tosto cura a ripetere i due primi fatti come *Herschel*, *Babbage*, *Christie*, in Inghilterra; *Prevost* e *Colladon* in Isvizzera; *Nobili*, *Bacelli*, *Barlocci* e *Botto* in Italia, e tutti concordemente li verificarono; ma hanno dichiarato che

l'azione era nulla adoperando sostanze non metalliche, come vetro, resina, legno, ecc. Io piuttosto dirò, che da' miei esperimenti emerse essere debolissima. I due fisici Ginevrini poi aggiunsero, che l'azione reciproca nel movimento riesce nulla, se si uniscono due aghi magnetici o due calamite coi poli di nomi diversi che coincidono. Io ho cercato di ripetere anche il terzo fatto, e lo rinvenni precisamente quale fu annunziato dall'insigne suo scopritore.

È indubitato che i tre fatti di *Arago* devono dipendere da correnti elettriche passeggiere, eccitate nelle parti del metallo, che successivamente si avvicinano e si allontanano dal polo o poli magnetici o da quelli della terra; e queste correnti devono avere una legge comune con quelle eccitate nelle spirali dalle calamite; ma questa legge negli scritti dei fisici è ancora indeterminata; e perciò la spiegazione del come queste correnti elettriche producano quegli effetti, è ancora da trovarsi.

Devesi a *Faraday* la scoperta delle correnti elettriche prodotte dalle calamite sul disco rotante di *Arago*. Adoperò egli una potente calamita, che con un solo polo sosteneva il peso di cento libbre, e fece uso del galvanometro, applicando le estremità dei fili sul disco di rame ai varj luoghi da esplorarsi, assicurando il perfetto contatto col mezzo di una amalgamazione: il che rendeva anche il contatto quasi affatto indipendente dal fregamento, e perciò impediva le correnti termo-elettriche.

Le correnti trovate dal sig. *Faraday* sul disco rotante per azione dei vicini poli magnetici erano dirette dalla periferia al centro o dal centro, alla periferia, secondo le due diverse direzioni della rotazione del disco. Esplorando da un punto all' altro della periferia, le correnti non erano che complicate. Ma il caso più semplice era di far muovere una lastra rettilinea di rame fra i due poli della calamita, e in vicinanza ad un solo polo. In questo modo il *Faraday* trovò, che le correnti elettriche

sulla lamina di rame erano sempre in direzioni perpendicolari alla direzione del movimento. Con questo metodo trovò che anche sul ferro che passa fra i poli della calamita si producono correnti elettriche come sugli altri metalli. Così anche era del discó rotante di rame; essendo le correnti nelle direzioni dei raggi, erano pure perpendicolari alla direzione del movimento. Questo risultato è conforme a quanto avviene nelle spirali col moto di avvicinamento o di allontanamento dalle calamite. Le correnti eccitate nelle spirali sono pure in direzioni normali a quei movimenti. Quindi si può ritenere per principio dimostrato dal complesso delle esperienze di *Faraday*, che le correnti elettriche eccitate dal magnetismo in moto, sono sempre in direzioni normali a quelle del movimento.

Il *Faraday* trovò ancora che un disco metallico ed orizzontale, o meglio ancora ad angolo retto con la direzione dell'ago d'inclinazione, posto in moto di rotazione, soffre dal magnetismo terrestre un'azione che vi determina delle correnti elettriche dirette nel senso de' suoi raggi o dal centro alla circonferenza o dalla circonferenza al centro, secondo la direzione della rotazione. Rinvenne che niun effetto ha luogo girando il disco nel piano del meridiano magnetico; o in altro piano passante per la linea d'inclinazione; ma per poco che sia inclinato a quella linea, la rotazione produce subito una corrente elettrica, la quale aumenta coll'angolo d'inclinazione e giunge al *maximum* quando l'angolo è retto.

L'Autore fece girare rapidamente anche un globo di rame attorno al suo asse. Se questo era nella direzione dell'ago di inclinazione, l'effetto era nullo. Ma a partire da quella posizione dell'asse della sfera sino a fare angolo retto con la linea d'inclinazione, restando sempre nel meridiano magnetico, la rotazione sviluppava sulla sfera delle correnti elettriche. Quando la sfera ruotava dall'*est* all'*ovest*, una corrente elettrica continua nella parte superiore della

sfera andava dal nord al sud, e nella parte inferiore dal sud al nord. Il *Faraday* determinò queste correnti avvicinando alla sfera alcuni aghi magnetici astatici sospesi a fili di seta finissimi.

Le deviazioni operate sulla sfera di rame sugli aghi magnetici erano della stessa natura di quelle osservate da *Barlow* con un globo di ferro nelle stesse circostanze. D'onde l'Autore di nuovo conchiude, che anche nel ferro in moto, come negli altri metalli, si eccitano delle correnti elettriche sotto l'azione della calamita: ma però riconosce, che, usando una sfera di ferro, l'effetto è composto di correnti sviluppate dal magnetismo terrestre e di altro effetto procedente dal magnetismo stesso della sfera. Perlochè usò un globo di rame coll'intenzione d'isolare la prima causa dalla seconda.

Il *Faraday* fece un'esperienza analoga a quella della sfera di rame e che semplificò il fenomeno. Piegò a rettangolo un lungo filo di rame, rese verticale questo piano, e pose le estremità in cui terminava il lato inferiore in comunicazione col galvanometro. Poscia pose in moto il rettangolo in modo che intorno al lato inferiore immobile descrivesse un cilindro. L'ago del galvanometro acquistava direzioni contrarie, secondo che il rettangolo era mosso in un senso o nell'opposto. Se il piano del rettangolo era nel meridiano magnetico, la corrente elettrica pel lato superiore e per l'inferiore aveva le stesse direzioni dal nord al sud e viceversa, come nella sfera di rame. Ma se anche il rettangolo non era nel meridiano magnetico, le correnti avevano parimente luogo a causa del suo movimento; fuorchè quando la parte mobile del filo si muoveva parallela alla direzione dell'ago d'inclinazione, l'effetto era nullo. Non era necessario che il filo avesse la forma di un rettangolo; dandogli invece quella di una curva qualunque, l'effetto era il medesimo, purchè il piano fosse disposto come quello del rettangolo.

Finalmente il *Faraday* osservò ancora l'azione

del magnetismo terrestre sulle spirali, determinando in queste delle correnti elettriche col loro rovesciamento o nella posizione verticale o nella direzione dell' ago d' inclinazione. Si prenda un tubo di cartone vestito esteriormente di un filo di rame coperto di seta a molti giri fitti, le estremità del quale si pongano in comunicazione con le estremità del galvanometro. Finchè il tubo è stabilmente, l' ago del galvanometro resta nella sua naturale posizione, come quando nulla vi è. Ma se si rovescia il tubo in modo, che la base superiore divenga inferiore, l' ago devia evidentemente e poi ritorna lentamente verso la prima posizione. Invertendo di nuovo il tubo l' ago devia alla parte opposta, indi ritorna verso la prima posizione. Perchè l'effetto riesca sensibile è necessario una pronta inversione del tubo, giacchè se è lenta non si ha movimento percettibile nel galvanometro. Posto il tubo parallelamente all'ago d'inclinazione, che in Venezia è di 63°, 40' prossimamente, e rovesciato nel meridiano magnetico con un mezzo giro di 180°, si hanno ugualmente al galvanometro i segni della corrente eccitata sulla spirale per la sola influenza del magnetismo terrestre.

I signori *Nobili* ed *Antinori* a Firenze, non per anco istrutti di quanto aveva ottenuto il *Faraday*, ma soltanto eccitati dal semplice annunzio di *Hachette*, il quale riferì che con la rotazione di un disco metallico, sotto l'influenza di una calamita, ottenne nella direzione dei raggi di questo disco delle correnti elettriche in numero abbastanza considerevole, si misero addentro con alacrità in questo nuovo ramo d'investigazioni, e si studiarono di render ragione dei fenomeni di *Arago* con le correnti elettriche eccitate nei metalli dal magnetismo, analoghe a quelle delle spirali, cioè con correnti di avvicinamento e con correnti contrarie di allontanamento.

Essi infatti affermano aver osservato, che quando la calamita agisce sul centro del disco, gli *scandagli* ossia gli estremi del galvanometro non tramandano

alcun segno di corrente ovunque sieno presentati; ma che quando un polo di una calamita è eccentrico al disco che ruota, hanno luogo quattro distinte correnti, due sulla parte del disco, che è per entrare sotto il polo, e due sulla parte del disco che n' è uscita. Le due prime distanti fra loro, quant' è la grossezza del polo, hanno direzioni contrarie, le due seconde sono ugualmente fra di loro contrarie: ma ciascuna di queste è anche contraria alla sua corrispondente delle prime; vale a dire, lo stesso luogo del disco nell' uscire dal di sotto del polo ha una corrente contraria a quella che aveva prima di entrarvi; e per ultimo che, invertendo la rotazione del disco o sostituendo al polo l' altro polo della calamita, ciascuna delle quattro correnti si converte in contrario.

Con questo fondamento di fatto i due illustri fisici Italiani cercarono di render ragione de' fenomeni di *Arago*:

I. L' ago magnetico conserva l' isocronismo nelle sue oscillazioni tanto se è libero quanto se è prossimo ad un metallo, mentre nel secondo caso le ampiezze delle oscillazioni degradano rapidamente e il numero totale è minore. Ciò viene attribuito al compenso che v' ha fra gli spazj percorsi e le velocità perdute: il polo dell' ago magnetico semina dietro a sè il magnetismo amico, che coll'attrazione lo rallenta nel suo corso, e dinanzi a sè il magnetismo nemico, che con la propria ripulsione concorre anch'esso a rallentarlo di più.

II. Ciascun polo della calamita acquista un movimento orizzontale nel senso della rotazione del disco, perchè sul disco vi sono due correnti l'una ripulsiva nelle parti che si avvicinano al polo, l'altra attrattiva nelle parti che si allontanano.

III. Se il piano dell' ago d' inclinazione passa per un raggio supposto immobile del disco che ruota, vi sono in questo raggio due punti, pei quali il disco non esercita verticalmente azione alcuna sull' ago,

uno al centro, l' altro a certa distanza dalla periferia. Nello spazio compreso fra questi due punti il polo dell'ago che riguarda il disco è spinto verso il centro, e fra il secondo punto e la periferia, il polo è spinto verso la periferia. Imperocchè l'ago d'inclinazione non potendo muoversi se non che attorno un punto fisso nel suo piano verticale, ai due punti indicati del centro e di una certa distanza dalla periferia il polo dell' ago, per la uguaglianza di azione che soffre da tutti i lati, non può essere sollevato per nessuna direzione, e al contrario fra quei due punti, per una ineguaglianza di quell' azione, deve essere sollevato e spinto verso il centro, come fra il secondo punto di equilibrio e la periferia deve essere sollevato e spinto verso la stessa periferia.

Ampere, secondo le sue idee particolari, che nelle calamite vi sieno le stesse correnti che nelle spirali animate dalla Pila, rese ragione dei fenomeni di *Arago* in un modo al tutto identico a quello dei signori *Nobili* ed *Antinori*; partendo dal principio, che il polo magnetico, quando si avvicina alla sostanza metallica vi eccita una corrente contraria alla propria, e quindi si sviluppa ripulsione reciproca; e che quando il polo magnetico si allontana, eccita una corrente nello stesso senso della propria, e quindi si sviluppa attrazione; e che la ripulsione prevalga all' attrazione.

A dir vero non è conforme ai fatti scoperti dal *Faraday* la prevalenza delle correnti ripulsive di avvicinamento sopra quelle attrattive di allontanamento; e di più *Faraday* è in perfetta opposizione con *Nobili* ed *Ampere* circa le direzioni delle correnti elettriche eccitate dai poli magnetici.

Secondo *Faraday*, le correnti elettriche eccitate dal magnetismo in moto, sono in direzioni normali a quelle del movimento; e secondo le spiegazioni recate dal *Nobili*, *Antinori* ed *Ampere*, le correnti elettriche eccitate sul disco che ruota dall'azione del polo magnetico, o sono nella stessa direzione del

polo del disco o in direzioni contrarie, secondo che sono eccitate dal moto di avvicinamento o dal moto di allontanamento. È oramai dichiarata da tutti i fatti per una forma essenziale la forma spirale, ossia in genere la direzione longitudinale dei fili metallici, normale a quella del movimento per eccitare le correnti col mezzo del magnetismo in moto. Il *Fusinieri* poi con numerose esperienze ha comprovato che in nessun caso, nè col ferro nè col rame in moto, rispetto ai poli magnetici v'ha quella prevalenza di forze ripulsive, anzi che è contrario ai risultati di fatto la supposizione che nel movimento di un metallo rispetto a un polo magnetico o viceversa, vi sia ripulsione fra il polo e le parti che si avvicinano, attrazione fra il polo e le parti che si allontanano. Egli infatti ha osservato, che per quanto fossero vicini alcuni aghi magnetici ad una barra di rame, e per quanto l'azione di questa fosse forte nel diminuire i numeri totali delle oscillazioni, sempre le oscillazioni sotto l'influenza della barra furono orizzontalissime, quantunque gli archi descritti fossero da principio per un certo numero di oscillazioni in parte sopra la barra e in parte fuori. Se vi fosse stata un'azione della barra sugli aghi di tale natura, che avesse prevaluto o attrazione o ripulsione, gli aghi mobilissimi anche nel senso verticale sarebbero stati o abbassati o innalzati nelle parti degli archi che descrivevano sopra la barra, e quindi avrebbero acquistato un movimento oscillatorio verticale, siccome avviene agli stessi aghi oscillando in quel modo parziale sopra il ferro, in cui non si sviluppa ripulsione alcuna, ma si conserva sempre attrazione come nello stato di quiete; e perciò l'isocronismo, oscillando l'ago sopra il ferro, non si conserva con le sue oscillazioni libere.

Da questi fatti emerge, osserva il *Fusinieri*: I. Che tra il ferro in moto e un polo magnetico, non può aver luogo il terzo fatto di *Arago*, se quel fatto dipende da ripulsione: II. Che il ferro esercita sulle

calamite in moto un' azione diversa da quella del rame e di altri metalli, benchè alcuni effetti sieno comuni. Forse vi saranno due generi di azioni l'una propria, l' altra comune con gli altri metalli, le quali restano da distinguersi e da determinarsi con precisione: III. Che nella supposizione delle due forze di *Nobili* ed *Ampere* non potrebbe essere conservato l' isocronismo e meno potrebbe esservi una leggiera accelerazione delle oscillazioni sotto l'azione dei metalli, come risulta da qualche suo esperimento. Imperocchè le due forze cospirerebbero a ritardare le oscillazioni dell' ago; anzi di più vi sarebbero due resistenze, una davanti, l'altra di dietro del moto.

Conchiuderò impertanto col *Fusinieri*, che è da confessarsi che i fatti sin ora cogniti, e le deduzioni legittime che se ne possono trarre, senza mescolarvi cose imaginarie, non dichiarano ancora la vera teoria del magnetismo di movimento, e che per discoprirla bisogna spingere più innanzi lo studio dei fenomeni. Fino ad ora non conosciamo che queste due leggi da me discoperte: 1. *Una corrente elettrica sviluppa il magnetismo normalmente alla sua direzione col polo sud alla sinistra della figura amperiana* (1); 2. *Posta la figura amperiana nella direzione del sud al nord di una spranga magnetica, la corrente elettrica è diretta alla sua destra.*

Io credo che nei fenomeni del magnetismo di rotazione intervenga ancora l' influenza dell' aria, che dal corpo rotante è in parte spostata con una resistenza di attrito.

ARTICOLO II.

§ 185. *Delle correnti dinamo-magneto-elettriche.*

Fino dal 1829 io mi sono occupato di queste ricerche; io ottenni delle correnti dinamo-magneto-

---

(1) § 86 *di questo Trattato.*

elettriche nelle spirali avvolte ai poli di una calamita per la ineguaglianza di temperatura ai due poli, e per l' attacco e distacco dell' ancora, come fecero ancora i signori *Nobili* ed *Antinori*. *Faraday* posteriormente avvertì, che le correnti magneto-elettriche possono tornare utilissime al discoprimento delle perturbazioni, che nella distribuzione delle forze magnetiche possono avvenire nelle calamite. La semplice agitazione di una magnete nell'aria per la virtù induttiva del globo, basta a cangiare la disposizione di quelle linee magnetiche, che cingono i poli di una calamita; per cui il sig. professore cavaliere *Configliacchi* annunziò, che a produrre i fenomeni di eccitamento magneto-elettrico non è indispensabile il movimento del punto materiale attraverso le linee di diversa intensità, che cingono un corpo elettrizzato o magnetizzato; ma che basta che per estrinseche circostanze, come le variazioni di temperatura, si cangi la disposizione di quelle linee per rispetto al punto materiale eccitato (1). In tre mie *Memorie* io venni istudiando la *direzione,* la *durata*, la *natura* e l' *intensità* di queste correnti. Io mi limito qui a riferirne i risultamenti finali, rimettendo per i particolari degli esperimenti i lettori ai miei scritti (2).

---

(1) *Poligrafo di Verona*, *fascicolo*, 43 *Gennajo*, 1834, *Zantedeschi Relazione sulle scoperte principali Magneto-elettriche.*

(2) *Esperienze riguardanti la direzione e l'intensità delle correnti magneto-elettriche*, *Brescia*, *Tipografia del Pio Istituto in san Barnaba,* 1835; *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto*, 1835 *pag.* 259; *Della Dinamica e Statica Magneto-elettrica; Biblioteca Italiana T. LXXXII*, *anno* 1836; *Annali delle Scienze* 1837 *pag.* 91; *Della influenza reciproca dell' elettro-magnetismo de' corpi*, *Annali delle*, *Scienze* 1837 *pag.* 240; *Bibl. Italiana T. LXXXVII*, *anno* 1837.

Direzione. Avvolta ai poli di una calamita fatta a ferro di cavallo una spirale da sinistra a destra, che abbia il suo principio al polo sud e la fine al polo nord, e chiuso il circolo con un galvanometro astatico a filo corto, ho determinato:

I. *All' attacco di un pezzo di ferro dolce od àncora ai poli della magnete, la corrente positiva esce dal capo del filo, che è al polo sud, e per la via del galvanometro va al capo del filo della spirale, che è al polo nord, come si osserva all' avvicinamento della spirale suddetta ai poli magnetici.*

II. *Al distacco del pezzo di ferro dolce, la corrente positiva esce dal capo del filo della spirale, che è al polo nord, e per la via del galvanometro va al capo del filo della spirale, che è al polo sud, come si osserva nell' allontanamento dai poli della spirale anzidetta.*

III. *All' attacco e distacco del pezzo di ferro dolce fra la spirale e la parte arcuata della calamita, la direzione della corrente è inversa a quella che si ha all' attacco e distacco dell' àncora ai poli.*

IV. *Il riscaldamento del polo nord promuove una corrente diretta, come all' attacco dell' àncora ai poli della magnete.*

V. *Il riscaldamento del polo sud promuove una corrente diretta, come al distacco dell' àncora ai poli; e al rimettersi i poli magnetici alla temperatura dell' aria circostante, s' infievolisce l' intensità della corrente magneto-elettrica; ma non se ne inverte la direzione.*

Durata. La durata delle correnti dinamo-magneto-elettriche è maggiore di quella delle correnti stato-magneto-elettriche. L' esperienza mi ha costantemente fatto vedere, che fra l' attacco dell' àncora ai poli della magnete, ai quali sono avvolte le spirali, e il congiungimento dei loro capi con quelli del filo galvanometrico, si può lasciar trascorrere un intervallo maggiore di quello che ricercasi per le correnti stato-magneto-elettriche ad uguali deviazioni;

e di ciò io resi ragione osservando, che il magneto-elettrico non opera istantaneamente, come ne dimostrano veridiche esperienze, ma per gradi ristabilisce il rotto equilibrio, il quale ridonato che sia, ritornano i fenomeni stato-magneto-elettrici. È bene notare che i fenomeni elettrici dinamici prodotti dal movimento e dal termico, hanno una esistenza più o meno durevole in ragione della continuazione delle cause loro.. Questa durata venne riconfermata dai signori professori *Marianini*, *Botto* ed *Avogadro*. Il primo affermò di aver ottenuto segni di deviazione, congiungendo il circolo dopo aver attaccata l' àncora alla calamita; ed i fisici Torinesi ripeterono non essere l' induzione magnetica a rigore istantanea. A questo medesimo risultamento era pervenuto anche il *Jacobi* nel 1835.

Natura. Tutti fisici sono d' accordo oggidì nel riconoscere queste correnti come dovute ad una induzione, abbandonata essendosi quella idea che avevano alcuni, come il *Nobili* e il *Belli*, che fossero di trasfusione; contro la quale opinione stanno i miei esperimenti, che io ho istituito fino dal 1835 (1).

Io osservai, che gli effetti ottenuti con le spirali circondate da seta furono nella direzione gli stessi di quelli ch' ebbi dalle spirali nude, sebbene questi nell' intensità fossero di molto minori. Appresso separando le spirali dai poli delle magneti con involti di tessuti coibenti, che furono formati fino di ventidue giri, non ho potuto sopprimere le correnti dinamo-magneto-elettriche; anzi la diminuzione parve minore di quella che avrei imaginato prima di esperimentare.

Intensità. L' intensità delle correnti dinamo-ma-

---

(1) *Commentarj dell' Ateneo di Brescia per l' anno accademico* 1835, *pag.* 81-82; *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto,* 1837, *pag.* 91.

gneto-elettriche dipende da varj elementi; che sono *la natura del filo e il suo diametro; il numero e la disposizione delle spire; la natura del corpo che si mette nella sfera di azione dei poli magnetici; il modo secondo il quale si applica l'àncora; la lunghezza delle braccia dell'àncora e la direzione con la quale la si presenta ai poli magnetici; e per ultimo la velocità.*

a) Natura del filo. I fili di argento e di rame, per universale consentimento de' fisici, sono da preferirsi. Il *Faraday* avendo formato due spirali, l'una con un filo di ferro e l'altra con uno di rame, le pose in comunicazione con due moltiplicatori riuniti, per guisa che le correnti prodotte dall'influenza delle calamite camminassero in senso inverso, e trovò che la corrente eccitata nel filo di rame era più possente di quella prodotta dalla stessa calamita in un filo di ferro. Paragonando poi lo zinco col ferro, collo stagno e col piombo, il primo superò gli altri tre; il ferro fu più possente degli altri due; e lo stagno produsse più effetto del piombo e degli altri metalli. Può adunque stabilirsi l'ordine seguente: rame, zinco, ferro, stagno e piombo. Eransi dati a simiglianti esperimenti anche il *Nobili* e l'*Antinori* col rame, col ferro col bismuto e con l'antimonio. Il ferro interessava come il primo fra i metalli magnetici; il bismuto e l'antimonio pel posto distinto che occupano nella scala del termo-elettricismo. Da esperimenti eseguiti in circostanze approssimativamente uguali, risultò loro il rame essere il più attivo; venne in seguito il ferro, indi l'antimonio e per ultimo il bismuto. Attesa la fragilità di questi due ultimi metalli non si poteva, a dir vero, ridurli alla figura di spirali che fondendoli in forme adattate. A questo mezzo, che riusciva lungo ed anche difficoltoso, supplirono gli anzidetti fisici con un ripiego. Fecero delle spire quadre con tanti bastoncini o verghette dei suddetti metalli, saldate alle estremità, onde semplicemente premute le

une contro le altre assicurassero i contatti. Per la comparabilità dei risultamenti è poi inutile avvertire, ch' erasi data alle altre spirali di rame e di ferro la medesima forma quadrangolare.

b) Diametro del filo. Il diametro del filo influisce sulla produzione degli effetti che si voglion produrre. Sono essi quantitativi? Il filo dovrà essere grosso e non troppo lungo. Sono essi intensivi? Si adopereranno fili sottili e di una lunghezza senza confronto maggiore.

c) Numero e disposizione delle spire. Io ho costantemente veduto, che col numero delle spire si accresce l' ampiezza delle deviazioni galvanometriche, sebbene essa non sia perfettamente proporzionale al loro numero. Non è però a credersi, come sentenziarono alcuni fisici, che si conseguiscano effetti maggiori, quanto più si accresce il numero delle spire in una determinata spirale. Vi è un limite stabilito dall' uguaglianza della forza elettromotrice magnetica con la resistenza del filo indotto; come emerge ora chiaramente da molti fatti, ma la determinazione di questo non può essere che il frutto di moltiplicate esperienze. L' influenza poi che esercita la distribuzione delle spire intorno ai poli magnetici è sensibilissima. Avendo io avvolta al polo nord di una magnete una spirale di filo di rame vestito di seta, che era di trenta spire distribuite in guisa da estendersi a tutto quel braccio della calamita, e stabiliti i congiungimenti alle estremità del filo galvanometrico, all' attacco dell' àncora ai due poli ebbi una deviazione di 27°, e al distacco un' altra opposta di 27°. E raccolta ch' ebbi la spirale, pressochè tutta all' intorno al centro di azione del polo suddetto, l' ampiezza delle declinazioni crebbe fino a 125°. Di questa influenza io resi ragione colla dottrina delle correnti indotte, l' efficacia delle quali deve essere tanto maggiore, quanto più trovansi le spire a distanza minore dal centro dell' azione magnetica.

d) Natura del corpo, che si mette nella sfera dell' azione magnetica. Gli effetti che si hanno col ferro dolce, sono maggiori, a circostanze uguali, di quelli che si ottengono coll' accajo; e questi maggiori di quelli che vengono prodotti dal rame, antimonio, bismuto, stagno, piombo, e legni di pomo, di noce, di bosso ecc., ma io credo che questi ultimi effetti appariranno nulli a chi non è fornito di un moltiplicatore squisito a filo corto.

e) Modo secondo il quale si applica l' àncora. L'àncora o la si applica alle sezioni frapposte fra le spirali e la parte arcuata, o ai poli della magnete. Nel primo caso l' intensità della declinazione va gradatamente diminuendo a proporzione che l'àncora si attacca o distacca da sezioni più distanti dai centri dell' azione magnetica. Nel secondo caso, notato l' effetto del tocco simultaneo dei poli fatti dall' àncora, che fu di 125°, io osservai il quanto della deviazione dell' ago all' attacco e distacco parziale dell' àncora a cadauno dei poli. Impertanto ho potuto determinare, che all' attacco dell' àncora al solo polo nord l' ago deviava di 25°, e nel distacco di altri 25° in senso opposto; e procedendo per ugual modo al polo sud, l' ago all' attacco deviava di soli 5° e al distacco di altri 5° in direzione opposta. Da questi risultamenti mi parve poter conchiudere che l' azione simultanea dell' àncora sui poli della calamita sia nella ragione composta dei due effetti parziali che si ottengono dai singoli poli. La spirale era avvolta al polo nord, come è indicato alla lettera *c.* Furono rinnovate queste stesse esperienze ancora col polo sud; ed i risultamenti confermarono prossimamente la medesima legge; dico prossimamente, perchè fatti altri saggi con calamite di diverse dimensioni e di diversa energia, non ottenni mai risultamenti maggiori del quintuplo degli effetti parziali.

f) Lunghezza delle braccia dell' àncora e sua direzione. Il sig. professore cavaliere *Configliacchi* ha

discoperto, che la grandezza delle deviazioni dell' ago magnetico, entro certi limiti, a cose uguali, è in ragione della lunghezza delle braccia dell'àncora e della direzione con la quale la si presenta ai poli della calamita. Egli ebbe il massimo effetto allorchè fu normale al piano dei poli.

g) Velocità colla quale si presenta l'àncora ai poli. Quanto è maggiore il movimento, tanto più rapido è lo sbilancio elettrico nel filo delle spirali. Con debole movimento, io giunsi a non produrre effetto sensibile; il che ottennero ancora i sig. prof. *Dal Negro* ed *Elia Wartmann.*

CAPO SECONDO

§ 186. *Del Magneto-elettrico di una calamita temporaria.*

I primi ad ottenere correnti elettriche pel magnetismo temporario eccitato da una calamita permanente, furono i signori *Nobili* ed *Antinori* a Firenze. Essi applicarono la spirale elettro-dinamica alla parte centrale dell' àncora, in quel luogo cioè che corrisponde all' intervallo che separa i poli della calamita a ferro di cavallo; e si noti bene che in questo luogo una spirale di pochi giri è già tale da sorpassare nell'effetto un numero molto maggiore disposto altrove. Ecco ciò che fecero i due esimii fisici per trarre da una calamita tutto il partito possibile. Coprirono di filo tutta la parte centrale dell' àncora e non lasciarono scoperte che le estremità per attaccarle al solito contro i poli della calamita. La forma ordinaria dell' àncora non si presta troppo bene a ricevere d' intorno a sè questa specie di grosso anello elettro-dinamico. Essi la ridussero di una forma conveniente e ottennero l' effetto al più alto grado d' intensità. La ragione ne è evidente: due infatti sono le condizioni da soddisfare, l' una che la spirale senta tutta la influenza delle forze ma-

gnetiche, l'altra che questa influenza venga sottratta nel tempo il più breve. Ora il filo avvolto d'intorno all' àncora è appunto nella posizione più favorevole per concentrare sopra di sè le forze magnetiche; e queste forze gli mancano a un tratto nel momento del distacco, come esige la seconda condizione.

Co' miei esperimenti ho potuto determinare la direzione di questa corrente. Dal capo di quella imboccatura di una spirale esce la corrente elettrica alla quale si formerebbe il polo sud. *La corrente magneto-elettrica adunque ha una direzione opposta alla corrente elettro-magnetica, o magnetizzante. Questa è la corrente del magnetismo nascente. La corrente poi prodotta dal magnetismo evanescente, ha la medesima direzione della corrente elettro-magnetica.*

Il sig. prof. *Silvestro Gherardi* fece delle importanti osservazioni ed esperienze intorno all' influenza della distanza, cui presentasi l' àncora ai poli della calamita, notandone le degradazioni ed incrementi; vide pure che un' àncora alla *Nobili* e *Antinori* e una calamita di forza costante, nelle prime volte che quella si attacca o si distacca da questa, dà una corrente più forte di quella che dà dopo di essere rimasta congiunta per molto tempo. Imperocchè è un fatto già noto e dal *Gherardi* particolarmente verificato che il ferro, benchè dolcissimo e affatto privo di magnetismo, ne acquista un poco, se rimane attaccato ai poli di una calamita per un tempo più o meno lungo. Io ho veduto in parecchi miei esperimenti che un' atmosfera magnetica produce nella spirale una corrente temporaria, che è sensibile al galvanometro e non alle rane neppure le più squisite. Dal che sembra che questi animali non abbiano per questo lato la preferenza sopra degli elettroscopi dinamici, come era stato scritto da peritissimi fisici.

In luogo di risvegliare il magnetismo temporario con una calamita permanente, lo possiamo eccitare

con le correnti elettriche, e coll' azione del globo, come abbiamo esposto superiormente in questo Trattato. Quì pure la natura del ferro dolce, la sua massa; la natura, il diametro e la lunghezza del filo indotto, hanno una distinta influenza sulla intensità degli effetti; e ci riserviamo a dirne in particolare, ragionando dalle macchine magneto-elettriche.

Solo diremo, che il magnetismo del globo pare sia più o meno temporario, dovuto a correnti elettriche esistenti nella terra, come ne mostrano precisamente le ultime esperienze di *Becquerel*, e le interessanti osservazioni di *Kreil* da noi riferite alla pag. 15 della prima parte di questo Trattato. I diversi centri di azione magnetica, e la loro incessante mobilità e perturbamenti si conciliano egregiamente colle continue modificazioni, alle quali soggiace il globo, che sono sorgente di nuove correnti elettriche, o di nuove direzioni, che prender devono le preesistenti. La diversità e natura dei terreni componenti la crosta del globo, la loro intersecazione da filoni metallici, e le irrigazioni di acque che tengono in dissoluzione sostanze differentissime, c' inducono ad ammettere necessariamente varj sistemi di correnti elettriche, che rendono plausibile spiegazione dei varj centri magnetici; e queste stesse stratificazioni congiunte alle esperienze del *Becquerel* dimostrano l' insussistenza delle correnti termo-elettriche telluriche supposte da *Ampere*, abbracciate da *Barlow* e da varj matematici, che non si presero cura alcuna di esperimentare, perchè temevano di essere disingannati dai loro sogni. Il *Becquerel* fece ultimamente le sue esperienze in Francia, in Svizzera, ed in Savoja adoperando un galvanometro, i fili del quale terminavano in piastrine di platino, che immergeva nei diversi strati del suolo. Tre furono le serie de' suoi esperimenti: 1 Sur uno strato esteso di argilla, una porzione del quale era satura di cloruro di sodio, e l' altra o non ne conteneva, oppure ne conteneva in piccolissima quantità: 2 Sur

un terreno conduttore dell' elettricità, una porzione del quale era alla temperatura 0° fino a una certa profondità, e l'altra a + 10 gradi all' incirca: 3. Su due porzioni di terreno, l' una delle quali era a + 40° circa e l'altra a + 12° C. Egli rinvenne le condizioni del primo e del terzo caso più favorevoli allo sviluppo di correnti elettriche energiche. In generale da' suoi esperimenti il *Becquerel* raccolse che non esistono correnti elettriche in due terreni a contatto, qualunque sia la loro natura, se non sono bagnati, e che l' acqua dell' uno non tenga in dissoluzione dei composti che non si trovano nell' altro, e che non sieno attraversati da sostanze conduttrici. Con vedute ben diverse da quelle del *Becquerel* furono istituite le esperienze del sig. prof. *L. Magrini.*

CAPO TERZO

§ 187. *Delle Macchine Magneto-elettriche e degli effetti da esse ottenuti.*

Nobili ed *Antinori* a Firenze, *Dal Negro* a Padova, *Pixi* a Parigi, *Saxton*, *Newman* e *Clarcke* in Inghilterra, pensarono a rinvigorire le correnti elettriche eccitate da calamite permanenti; *Botto* a Torino, *Linari* e *Palmieri* a Napoli, ad accrescere quelle risvegliate dal globo; e *Callan* in Irlanda a trar partito da quelle d' induzione elettro-magneto-elettrica. Per non dilungarmi di troppo io non farò che accennare le principali macchine.

ARTICOLO I.

§ 188. *Delle principali Macchine Magneto-Elettriche.*

Nobili ed *Antinori* imaginarono di valersi dell' attacco e distacco dell' àncora magneto-elettrica ai poli di una o due magneti (*Fig.* 83); *Pixi* di far

ruotare una calamita in faccia all' àncora piegata a ferro di cavallo e portante due spirali elettro-dinamiche; ma riusciva incomodo in quel meccanismo il dover far girare la calamita, la quale, avendo ad essere molto possente, era per lo più anche assai grande e pesante. Ben presto venne quindi adottata da *Saxton*, *Newman* e *Clarke* una facile modificazione, facendo invece che la calamita verticale ed orizzontale rimanga immobile, e che giri d'incontro ai poli di essa l' àncora sulla quale sta ravvolta la spirale che deve ricevere la corrente indotta (*Fig.* 84). Nella disposizione dell' apparato rotatorio di *Pixi* e dei fisici inglesi le correnti stato-magneto-elettriche cospirano colle correnti dinamo-magneto-elettriche. Per ogni rotazione; otto sono della prima specie ed otto della seconda, che si sommano a vicenda. Da un lato noi dobbiamo considerare la doppia spirale semplicemente, che si avvicina e si allontana dai poli magnetici, e dall' altro la stesssa doppia spirale, portante l' àncora di ferro dolce, che si magnetizza e successivamente si smagnetizza.

Per la migliore costruzione delle macchine magneto-elettriche, bisogna avere riguardo ad alcune speciali avvertenze, che si riferiscono alla calamita, all' àncora ed al filo indotto.

I. *Calamita.* Il *Gherardi* osservò, ed il *Pianciani* ebbe a riconfermare, che gli effetti elettrici da una calamita prodotti, non sono proporzionali alla sua forza magnetica; che molto giova la grandezza delle estremità, ossia dei poli della calamita, e che non sieno gran fatto distanti fra loro. *Linari* e *Palmieri* in luogo di adoperare calamite permanenti, fecero uso di calamite temporarie o Voltiane, che si possono avere di una forza non comune.

II. *Spirale.* Per gli effetti di quantità bisogna usare filo grosso e corto, e per gli effetti d'intensità filo sottile e lungo. I primi, entro alcuni limiti, che

non sono ancora determinati, sono tanto maggiori quanto più scema la lunghezza dei fili di rame, e se ne aumenta la grossezza, e viceversa i secondi. La spirale deve essere avvolta all' àncora a quel modo che si pratica nelle calamite temporarie, come io ho dimostato nella mia *Memoria* sulle macchine magneto-elettriche.

III. *Ancora.* L' àncora dee essere del ferro il più dolce; e per gli effetti intensivi, la quantità del ferro nei cilindri deve essere minore che per gli effetti quantitativi. Pei primi il circolo si apre precisamente al momento, in cui i cilindri di ferro dell' armatura abbandonano i poli del magazzino magnetico; pei secondi si dischiude il circolo nel momento in cui l' armatura è verticale. Non debbo dimenticare una osservazione che io feci relativamente alla natura ed alla massa della traversa, che lega insieme, i cilindri di ferro dolce intorno ai quali stanno le spirali ravvolte. Questa traversa si fa di ferro dolce e forma così coi due cilindri un solo sistema. Avendo io provato a sostituirne una di ottone, vidi che gli effetti perciò solo divennero debolissimi e che si rinforzarono ponendo al di sotto della traversa una laminetta di ferro dolce ad immediato contatto coi due cilindri, ma che non giunsero ad uguagliare quegli che ebbi con la prima traversa di ferro dolce. Il che mostrò essere necessaria anche in questa una data massa di ferro per la produzione del massimo effetto magneto-elettrico. È bene ancora notare, che torna utile che i reofori sieno perfettamente isolati dall' àncora (1).

(1) *Zantedeschi*, *Memoria sopra alcune modificazioni fatte alla Macchina magnetica-elettrica di Newman, e gli speciali esperimenti eseguiti con essa; Atti dell' I. R. Istituto Veneto*, *T. I, pag.* 122 *del* 1840; *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto B. II,* 1842.

IV. *Commutatore*. Nelle macchine magneto-elettriche semplici, per l'attacco dell'àncora, le correnti sono dirette in un senso, e per il distacco sono dirette nell'opposto; e in quelle a rotazione per ogni rivoluzione vi sono sedici correnti, che nell'ordine di successione si sommano a quattro a quattro alternativamente, vale a dire quattro in un senso e quattro nell'opposto, e così di seguito. Ora delle quattro correnti della prima serie, posta l'àncora in una posizione verticale, due sono dovute all'avvicinamento della spirale ai poli della magnete, e due al magnetismo nascente dell'àncora, che opera sulla stessa spirale. Ugualmente è a dirsi delle quattro correnti della seconda serie, due sono dovute all'allontanamento della spirale dai poli magnetici, e due al magnetismo evanescente dell'àncora, e così delle altre. *Sturgeon* a Londra, *Ettingshausen* in Austria, pensarono ad un commutatore che avesse a dirigere le correnti nel medesimo senso, ed io altrettanto feci in Venezia. Il meccanismo consiste in questo, che per un quarto di giro il reoforo comunica con un capo della spirale indotta, e per l'altro quarto col capo opposto. Nella macchina magneto-elettrica da me modificata (*Fig.* 85), il cilindro K N è formato di tre parti concentriche e sono Z N Q, che è un grosso filo di ottone, T O P S, che è una specie di astuccio o cilindro cavo di legno, che va a forte sfregamento nel primo, pertugiato in C ed H; e di un cilindro cavo di ottone U M N R, che si adatta parimente con forte sfregamento al secondo; questo pure è forato nei punti L e V. Ora l'uno de' capi de' fili della spirale comunica in S coll'esterno cilindro metallico, e l'altro capo del filo Y comunica in Z coll'interno cilindro. Le appendici sono disposte a questo modo D C e G H comunicano con Z N Q, e sono isolate con U M N R; F E ed A B per converso comunicano con U M N R e sono perfettamente isolate con Z N Q; e così alternativamente le altre.

Per questa guisa si ha sempre nella stessa vaschetta l' elettricità della medesima specie; perchè se per un quarto di giro delle spirali, l' appendice C D è positiva, per l' altro quarto di giro diviene positiva A B: inversamente si dica delle appendici F E e G H. In questo commutatore si compie il circolo mediante il mercurio, come nella macchina di *Newman;* ma lo feci ancora eseguire con conduttori tutti solidi per non perdere i vantaggi introdotti nella macchina di *Clarke.* E così il mio commutatore è completo: il che non si può dire di quelli degli altri fisici.

ARTICOLO II.

§ 189. *Degli effetti prodotti dalle macchine magneto-elettriche.*

Vengo ora ad esporre gli effetti che si sono ottenuti dalle macchine magneto-elettriche, che si dividono in *chimici, fisici* e *fisiologici.*

Effetti Chimici. Nel primo annunzio che si ebbe dei lavori dal *Faraday*, si diceva che questo celebre fisico aveva ottenuta una *scintilla in un caso particolare.* Questa espressione non fornisce alcuna luce intorno al mezzo impiegato e mette in dubbio persino la costanza del fenomeno stesso. Appresso si è veduto dalla *Memoria* presentata dal fisico inglese alla Società Reale di Londra il 24 Novembre, 1831, che egli ottenne la scintilla fra due parti di carbone attaccate alla estremità della spirale influenzata da altra spirale volta-elettro-magnetica; sicchè la scintilla ottenuta in una spirale col semplice uso delle calamite fu veramente scoperta degli illustri fisici italiani *Nobili* ed *Antinori.* Ecco le vedute teoriche, che li hanno condotti a questo importantissimo risultamento.

« La Pila non dà la scintilla che quando è composta di un certo numero di coppie Voltaiche. Un elemento alla *Wollaston* la produce da sè solo, e quando è di una certa attività, la produce constantemente sul mercurio a cui si conducono i fili congiuntivi destinati a chiudere il circuito. Nelle pile Voltaiche dotate di un certo grado di *tensione elettrica*, la scintilla parte dai poli *zinco* e *rame* tanto nel caso di chiudere come di aprire il circuito. Sopra un solo elemento alla *Wollaston*, la *tensione* è debolissima e la scintilla non ha luogo che in una sola circostanza, all' atto cioè in cui s' interrompe il circuito. In questo momento la corrente, ch' era già in giro, s' accumula in guisa sul luogo dell' interruzione, che acquista quivi la *tensione* necessaria per lanciare la scintilla. Una tale *tensione* manca nell' altro caso di chiudere il circolo, e con ciò manca pure il salto della scintilla.

« Le correnti, che si sviluppano sulle spirali elettro-dinamiche in virtù del magnetismo, sono anche esse in giro, ma non circolano che per un sólo momento, per quello cioè in cui le spirali si avvicinano alle calamite o si allontanano da queste. Egli è dunque, concludevamo noi, in uno di questi due momenti, che dovrà aprirsi il circuito delle spirali per tentare l' esperimento della scintilla.

« Avevamo già preventivamente fissato le nostre idee intorno alla disposizione più favorevole delle spirali elettro-dinamiche. Non ci restava adunque che da scegliere una buona calamita a ferro di cavallo, fasciare l' àncora di filo di rame nel modo che abbiamo indicato di sopra, far pescare in una tazza di mercurio le estremità di questo filo, e poi sollevar l' uno o l' altro di questi capi al momento preciso in cui si attaccava o si distaccava l' àncora dalla sua calamita. Operando in due persone senza alcuna sorte di meccanismo, è più facile di mancare questi momenti che di coglierli; quando però si colpiscono, e ciò succede di tratto in tratto, si ha la

soddisfazione di vedere una scintilla che non lascia nulla da desiderare.

« Tale fu il modo col quale vedemmo le prime scintille; ma questo bel fatto meritando d' esser riprodotto a piacimento reclamava un apparecchio apposito; e noi dopo varie disposizioni più o meno complicate ci siamo fermati alla seguente, che al vantaggio di servir bene riunisce a nostro avviso il più alto grado di semplicità.

« Tutto il congegno si trova sull'àncora della calamita. Questo pezzo, che ha la forma parallelepipeda, porta nel suo mezzo la spirale elettro-dinamica, contenuta ivi da due guance d' ottone fissatevi stabilmente sopra, alla distanza conveniente per entrare esse medesime nell' intervallo che separa i poli del ferro da cavallo, mentre tutto il pezzo si attacca al solito alla calamita. Le estremità della spirale fanno capo ciascuna all' uno de' poli mediante due piccole molle in forma di alette attaccate all' àncora, le quali premono un tantino i poli stessi quando l' àncora è al suo posto. Per lasciar luogo a queste molle, l' àncora è più stretta dell' ordinario; copre la metà circa de' poli; il rimanente serve alle due alette, le quali vanno in qualche modo isolate dall' àncora, perchè in questa disposizione l' ufficio di chiudere il circuto elettro-dinamico va riservato tutto al ferro di cavallo. Supponiamo che l' àncora sia attaccata a questo ferro. Le molle toccano i due poli ed il circuito della spirale è metallicamente chiuso dalla calamita. Distacchiamo l' àncora e il circuito si apre in due luoghi; or bene egli è nell' una o nell' altra interruzione, fra la molla ed il polo, che scocca sempre o quasi sempre la scintilla. Quando manca l' effetto, ciò deriva dal distacco che non riuscì bene: è per altro così facile di ripetere l' esperimento, che non conviene pensare ad un meccanismo che rimedi ad un inconveniente che si ripara con tanta facilità. In questo apparato la spirale avvolta sull' àncora è di rame.

Sostituendone una di filo di ferro, si ha pure con questa la scintilla. » Appresso con ingegnosi meccanismi ch' essi descrissero ed illustrarono con figure e con due calamite conjugate, resero più brillante il fenomeno tanto nell' attacco che nel distacco dell' àncora.

Sulla priorità di questa scoperta surse grave quistione fra il *Faraday*, il *Nobili* e l' *Antinori*; e i due fisici italiani risposero magistralmente alle vane pretese del fisico anglicano. Quello ancora che comprova il diritto di priorità dei *Nobili ed Antinori*, nell' ottenimento della scintilla da solo magnetismo, si è il passo seguente dell' opera di un concittadino dello stesso *Faraday*, cioè di *Enrico Noad* intitolata: *Corso di otto letture sulla elettricità, sul galvanismo, sul magnetismo, e sull' elettro-magnetismo*, stampato a Londra nel 1839 e che ora ristampasi; alla pagina 341 vi si dice: Dopo l' annunzio di questa esperienza (cioè quella del *Faraday* con le punte di carbone dianzi accennato) fecersi varj tentativi per ottenere lo stesso effetto con una calamita permanente di acciajo o con la pietra stessa senza intervento del galvanismo, e il primo che sia riuscito in questo paese, cioè in Inghilterra, si fu *Forbes*, il quale operò con la calamita naturale presentata dall' *Hope* alla Università di Edimburgo, e capace di portare 170 libbre. La disposizione dell' apparato, col quale *Forbes* riuscì ad ottenere la scintilla il giorno 13 aprile 1832 (quindi due mesi e più dopo dei fisici italiani), è rappresentato dalla fig. 86. Vedesi in A la grande calamita naturale: una spranga cilindrica di ferro dolce *a b* che passa attraverso l' asse dell'elice *c* che congiungeva i poli della calamita; si trovò di grande importanza pel successo dell' esperimento, la esattezza del contatto, ed a tal fine un lato del cilindro erasi diligentemente lavorato sopra una curva di circa due pollici. Ebbesi grande vantaggio da una guida meccanica, non rappresentata nella figura, perchè l' assistente potesse prontamente ed

esattamente presentare il cilindro congiungitore alla calamita anche nella oscurità. La elice *c* era formata di circa 150 piedi di filo di rame, del diametro presso a poco di un ventesimo di pollice, era lunga 7 pollici e mezzo e conteneva nella sua grossezza 4 strati che erano diligentemente separati con tramezzi isolanti di tela e di cera lacca. Uno dei capi che dal filo passava pel fondo di un tubo di vetro *h* era per metà riempito di mercurio nel quale il filo terminava: la purezza della superficie mercuriale era di grande conseguenza nell' esperimento. L' altro capo *f* del filo elicoide comunicava, mediante la ciotola di mercurio *i* col filo di ferro *g*. la punta sottile del quale veniva portata a mano a contatto con la superficie del mercurio in *h*, e separata da quello al momento in cui avveniva il contatto del congiungitore *a b* coi poli della calamita. La scintilla producevasi nel tubo *h*. *Forbes* con un po' di pratica aveva imparato a produrre per più volte di seguito almeno due scintille per ogni tre contatti successivi, e queste generalmente erano di un bel colore verde; il successo dell' esperimento dipendendo evidentemente dal sincronismo della produzione della corrente momentanea nel cangiamento dei poli magnetici e della interruzione del circuito Voltaico alla superficie del mercurio. In Italia, anche prima del *Forbes*, aveva tratta la scintilla magneto-elettrica il signor cav. prof. *Dal Negro*, facendo uso del mercurio o di una foglietta di argento. Egli vide che la scintilla aveva il solito colore che hanno le scintille elettriche Voltiane tratte dal mercurio o dall' argento. Di più lo stesso illustre Elettricista osservò che alle volte la scintilla magneto-elettrica invece di manifestarsi fra gli estremi della spirale e i poli della calamita, appare in altri punti fra l' àncora vestita di spirale ed uno dei due poli. Il valente sig. dottore *Silvestro Gherardi* professore di fisica nella Università di Bologna ed ora presidente dell'Accademia delle Scienze di quell'Isti-

tuto, ottenne la scintilla magneto-elettrica in un caso straordinario non peranco tentato da alcuno, serbando cioè fra l'àncora e la calamita la distanza di uno, due e fino tre centimetri. Ebbe egli la scintilla fra i due capi scoperti del filo incannato sopra l'àncora, e l'ebbe pure fra questi capi e il mercurio, rimovendo rapidamente l'àncora dalla calamita, in presenza dei poli della quale essa era rimasta ferma per alcun tratto di tempo. E questo esperimento parmi abbia aperta la via alla costruzione delle macchine magneto-elettriche a movimento rotatorio; dalle quali ottenni io ancora la scintilla di duzione di secondo ordine.

Per ottenere il fenomeno dello scintillamento magneto-elettrico in un modo cospicuo da aversi un pennacchio luminoso, il sig. marchese Com. *Ridolfi* si valse di una calamita volta-elettrica. Egli rese temporaneamente magnetico il ferro, ed agì con esso come avrebbe fatto con una calamita permanente.

Subito dopo la scoperta della scintilla magneto-elettrica, il sig. *Minotto*, promotore indefesso d'ogni utile applicazione, additò parecchi usi che trar si potevano da queste correnti magneto-elettriche; e noi con vera compiacenza vedemmo, che il sig. *Corrado Wolf* nella prima esposizione degli oggetti d'industria fatta nelle sale dei Georgofili di Firenze nel 1838, presentò un modello destinato all'accensione dell'idrogeno colla scintilla magneto-elettrica. La figura 86 mostra in qual modo si possa accendere l'etere; e che ultimamente *Watkins* riuscì ad applicare la corrente indotta dal magnetismo ad accendere la polvere di cannone a grande distanza. Questo mezzo può tornare in molti casi assai più vantaggioso che l'uso della Pila per l'accendimento delle mine. Il signor prof. *Marianini*, procedendo nel modo da lui praticato nelle esperienze elettro-metriche, ha ottenuto l'eterogeneità di due lamine di argento e d'oro ecc., al grado da produrre una de-

viazione sensibile nel suo galvanometro. Il sig. *Pixi* a Parigi ed il sig. *Botto* a Torino, la decomposizione dell'acqua. Il valente fisico italiano aggiunse di aver ottenuto le decomposizioni di alcuni sali metallici, come del solfato di rame e dell'acetato di piombo. La figura 87 rappresenta il modo col quale si può ottenere la decomposizione dell'acqua. A è un vaso di vetro con un collo di ottone otturato da un pezzo di legno duro, attraverso al quale passano due fili di rame con pezzi di filo di platino saldati alle cime. Questi fili di rame terminano con l'altro capo in due vasellini *b*, *b'*, nei quali ponesi un po' di mercurio. Al di sopra dei fili di platino, che emergono dal fondo del vaso A mettonsi due tubi di vetro, i quali sono ripieni di acqua acidula simile a quella che vi ha nel vaso A. Si congiungono quindi mediante fili di rame i vasi *b*, *b'*, con le piastre M, N, e si mette in movimento la macchina. Le due piastre di platino C, D, che si bagnano di un qualche sale neutro, servono mediante una carta reagente, a render sensibili gli effetti della chimica decomposizione.

Si può ora conchiudere: I. Che le decomposizioni operate dalle correnti magneto-elettriche sono simili a quelle della Pila, che sviluppa gli elementi elettro-positivi da una parte, e gli elettro-negativi dall'altra: II. Che per la decomposizione è sempre necessario che le correnti elettriche uniscano alla condizione di una certa continuità l'altra pure di una tensione tale da non essere arrestate dai conduttori umidi.

Il *Pixi* riconobbe che la decomposizione dell'acqua aumenta con la velocità di rotazione dell'àncora, cioè con la celerità con cui si succedono le correnti magneto-elettriche. *De la Rive*, procedendo innanzi in questa ricerca, osservò nella decomposizione dell'acqua, che la quantità del gas non cresce indefinitivamente colla celerità colla quale si succedono le correnti magneto-elettriche, ma che vi è un

limite, oltrepassando il quale l'effetto diminuisce anzichè accrescersi; non potè però determinare la legge secondo la quale ha luogo il decremento. Questo effetto è una conseguenza necessaria delle alternative delle correnti; allorchè la successione è rapidissima, sussiste tuttavia l'azione in un senso, allorchè sopraggiugne quella che è diretta nell' opposto; non vi dee essere adunque che la differenza delle due opposte forze divellenti. Questo fenomeno intieramente svanisce nella disposizione del mio commutatore. Lo stesso fisico ginevrino vide che l'aumento della superficie metallica del reoforo a contatto del liquido, indebolisce ed annulla l' azione chimica delle correnti magneto-elettriche, mentre aumenta quella della Voltiana; questo è un effetto della tenuità della tensione; è necessario fare scorrere la corrente tutta ristretta, perchè produca il richiesto effetto (1).

Effetti fisici. Il fisico inglese *Faraday*, e i due illustri italiani *Nobili* ed *Antinori*. non poterono riuscire nei loro esperimenti ad avere segni di tensione elettrica. Il primo ad ottenerli fu *Pixi* col suo apparato magneto-elettrico. Egli fece divergere di varie linee le foglie d' oro dell' elettrometro a condensatore di *Volta*; e *Clarke* giunse a caricare una boccia di Leida (*Fig.* 88).

Per quanto io conosco, in Italia il signor professore *Pianciani* è stato il primo ad avere fenomeni calorifici e d'ignizione dalle correnti magneto-elettriche. Solo egli avea avuta notizia, che alcune macchine simili alla sua, ma più grandi mantenevano roventi a un tempo medesimo parecchi sottili fili di platino (*Fig.* 89). *De la Rive* istudiò l' influenza che tiene la velocità con cui succedonsi le correnti magneto-elettriche con gli effetti calorifici. Introdu-

(1) *Zantedeschi, Saggio Magneto-elettrico, pag.* 165, *Tipografia Armena di S. Lazzaro*, 1839.

cendo nel circuito un termometro metallico di *Breguet* convenientemente disposto, l' elice riscaldavasi di 7° C quando vi erano due correnti alternativamente opposte al minuto secondo; riscaldavasi a 55° quando ve ne erano nove; 100° con venti; 153° con quaranta; e con numero maggiore l'ignizione e la fusione del filo di platino appariva.

Molto importanti ancora sono gli esperimenti recentissimi di *J. P. Joule* sugli effetti calorifici del magneto-elettricismo, e sulla forza meccanica necessaria per ottenerli. Da' suoi numerosi e diligenti esperimenti raccolse le seguenti leggi:

Io però invito i lettori a leggere la Memoria originale, per vedere i particolari delle esperienze.

I. *Il calore sviluppato da una spranga di ferro che gira fra i poli di una calamita è proporzionale al quadrato della forza induttiva.*

II. *Il calore svolto dalla spirale della macchina magneto-elettrica è proporzionale, a circostanze uguali, al quadrato della corrente.*

III. *Il calore svolto dalla spirale della macchina magneto-elettrica si regola con le stesse leggi di quello che svolgesi dalle correnti voltaiche.*

De la Rive osservò l' importantissimo fenomeno della divisione meccanica della materia prodotta dalla corrente magneto-elettrica. Usando fili di platino ed acqua acidulata ha veduto, che a lungo, mentre diminuiva e infine cessava lo sviluppo dei gas senza che la corrente avesse diminuito d'intensità, le parti dei fili state immerse nel liquido erano coperte di polvere nera simile a quella che *Liebig* trovò essere non un ossido di platino, ma platino metallico sommamente diviso. Esaminata quella polvere, *De la Rive* la trovò puro metallo, e che determinava la combinazione dei due gas idrogeno ed ossigeno. L'oro ed il palladio si coprivano pure di uno strato di molecole divise; l' oro di una pellicola verde, il palladio di uno strato azzurro nerastro, e l' autore li trovò pure allo stato metallico come il platino.

Tali fenomeni comprovano gli esperimenti originarj del *Fusinieri*, e dimostrano, come egli ha sempre insegnato, che si tratta di urti meccanici, i quali nella alternativa delle contrarie direzioni svelano dalle masse le loro particelle vincendo la coesione. Anche il celebre *Jacobi* fu guidato da' suoi esperimenti alla medesima conclusione, e di più egli osserva che il magnetismo e l'elettricità devono essere attribuiti a' movimenti di una materia assai grossolana, o a delle oscillazioni molto più percettibili, che non sono quelle della propagazione del suono. Infine persona non può negare che non sia della natura di una forza di non aver bisogno di tempo per operare, e che se i suoi diversi effetti non sono percettibili istantaneamente, vi dee essere qualche movimento molecolare sommesso alle leggi della meccanica.

Lo stesso *De la Rive* ha discoperto, che quando il conduttore che riunisce gli estremi dei fili, in cui le correnti elettriche sono sviluppate, è imperfetto, come un liquido che viene decomposto o un filo metallico abbastanza fino per essere riscaldato, allora le armature di ferro dolce sono fortemente attirate dai poli della calamita, quando colla rotazione vi passano davanti, e che tale attrazione cessa, quando il conduttore è perfetto, come un grosso filo di rame. Lo scopritore del fenomeno è di avviso che quando la corrente può liberamente stabilirsi, il magnetismo che acquista il ferro dolce sparisce e si converte in elettricità: io in quella vece penso che quando la corrente ha nel filo un libero sfogo, diminuisce il magnetismo dell'àncora, perchè le due correnti d'induzione tendono ad indurre un magnetismo opposto a quello che induce temporariamente la magnete permanente nell' àncora di ferro dolce.

Il *Faraday*, il *Nobili* l'*Antinori* ed il *Pianciani* ottennero dalle correnti elettriche eccitate dalle calamite, la magnetizzazione temporaria del ferro, o permanente dall' acciaio a quel modo che si ha dalle correnti della Pila (*Fig.* 90). Il *Pianciani* fece an-

cora intorno a ciò alcune utili osservazioni. Facendo passare la corrente prodotta dalla di lui macchina magneto-elettrica per un filo di rame che vestiva un ferro dolce curvato a ferro di cavallo, del peso di circa una libbra, divenne quello subito una calamita temporaria e portò retto il suo proprio peso. Il ferro rimasto così per qualche tempo magnetico, anche cessata la corrente, ritien il peso; ma se l'àncora cade, ossia se è tolta, si trova privo a un dipresso d'ogni virtù magnetica. Ciò erasi pure osservato nel ferro calamitato temporariamente dalla corrente Voltiana. Se la corrente magneto-elettrica d'induzione, che gira attorno al ferro dolce, muta ad ogni istante direzione, è sensibile alla vista ed anche all'udito un continuo oscillare dell'àncora collocata sopra una tavola ed avvicinata ai poli; e ponendo sotto questi una carta aspersa di limatura di ferro, si vede questa agitarsi e brulicare. Ma se la corrente va sempre in un verso, benchè sia necessariamente ad ogni istante interrotta, le oscillazioni non si osservano più o sono assai minori; i brevi interrompimenti, come pur or dicevamo spesso non distaccano l'àncora; ma il rovesciarsi dei poli non può farsi senza che ognuno di essi passi per lo zero della virtù magnetica. Se uno stesso filo di rame cinge due od anche sei spranghe di ferro dolce in forma di ferri da cavallo, tutte divengono calamite. Il *Pianciani* di più, contro quanto affermarono *Moll* e *Dal Negro,* comprovò che la corrente elettrica, favorevolmente diretta, aumenta la forza magnetica dell'acciaio calamitato; quindi saggiamente conchiuse, quanto più ha l'acciaio di forza magnetica, tanto meno essere atto a riceverne dalle correnti elettriche; e nulla riceverne se saturo di virtù magnetica; ma potere però diminuirsi questa, almeno temporariamente, con le correnti contrarie. Per ottenere la magnetizzazione si deve disporre l'apparato, come è espresso dalla figura 91.

Il *Pianciani* con le correnti magneto-elettriche

ottenne i fenomeni delle attrazioni e delle ripulsioni di *Ampere*. Fece uso a tal uopo di un telaietto rettangolare, al quale era avvolto per cinquanta giri un filo di rame circondato di seta, e di un filo mobilissimo. Stabilite le comunicazioni, avvicinava egli il telaietto al filo mobile; e secondo che le correnti erano dirette dalla medesima parte o nella contraria, aveva attrazione o ripulsione nel filo. Colla corrente magneto-elettrica (*Fig.* 91) possiamo ancora produrre movimenti rotatorj, come abbiamo ottenuto colla corrente Voltiana nelle spirali di *Watkins*; e dare segni telegrafici, come fece *Wheatstone* con la sua macchina magneto-elettrica formata di varie macchine elementari, le cui elici sono combinate in guisa da formare un circuito continuo, cominciando la corrente in ognuna di esse prima che avesse cessato nell' altre.

Il *Nobili* colle correnti magneto-elettriche ottenne le palpitazioni del mercurio. Per ottenere questo bel fenomeno si fa uso del suo apparato a punte, che si dispone sopra una larga palla di mercurio immersa nell'acido solforico, e si regola per modo che l' una delle due punte tocchi l'orlo della palla, mentre l' altra si solleva un tantino sopra il centro della medesima, restando sempre però nell' acido che ricopre quella piccola massa. Egli avvisa che non differiscano dalle idroelettriche ordinarie.

Effetti fisiologici. Le rane poste nel circuito delle spirali avvolte d'intorno ai poli od alle àncore delle calamite, all' atto dell'attacco e distacco si divincolano, ed una tale scoperta è dovuta alla perspicacia dei fisici Nobili ed *Antinori*. Per ottenere queste contrazioni non è necessario adoperare calamite molto energiche, come fa credere il *Faraday*, il quale dice non essere riuscito ad avere le convulsioni nelle rane se non se con una calamita naturale della forza di trenta libbre. Bastano anche calamite naturali od artificiali della forza di poche once, come replicatamente me ne sono convinto.

Da un corso di esperienze fatte con una calamita artificiale della forza di venticinque libbre, ho ottenuti i risultamenti che seguono; I. Messo il polo nord della calamita in comunicazione col nervo della rana e il sud col muscolo, mediante una spirale, e compiuto il circuito, ebbi in sul principio contrazioni tanto nell'attaccarsi dell'àncora che nel distaccarsi; ma le contrazioni che ebbero luogo nell'attacco dell'àncora furono maggiori di quelle che ottenni nel distacco: II. Negli stadj successivi la contrazione che si manifestava nel distacco dell'àncora, apparve molto infievolita, e per lo contrario vigorosa tuttavia si dispiegava quella che ottenni nell'attacco dell'àncora: III. Con replicati esperimenti giunsi a render nullo l'effetto che ebbi nel distacco dell'àncora, mentre tuttavia sensibilissima si conservava la contrazione che aveva luogo nell'attacco: IV. Invertendo la comunicazione in modo che il nervo avesse a comunicare col polo sud e il muscolo col nord, ebbi i medesimi effetti che ho descritti ne' tre numeri precedenti, senza però poter *bene* determinare differenza alcuna nella intensità delle contrazioni: V. La velocità colla quale si distacca ed attacca l'àncora dai poli della calamita e la direzione colla quale si compie il distacco e l'attacco dell'àncora, concorrevano al producimento ed alla energia delle convulsioni delle rane: VI. L'interposizione, fra i poli e l'àncora, di strati sottilissimi di varie sostanze, come argento, oro, carta, pergamena, ecc. non impediva la manifestazione delle descritte contrazioni. Non così però avveniva se gli strati erano un po' grossi; eccettuato il caso di una verga di ferro, che congiungeva i due poli, alla quale unendo e disunendo l'àncora, ebbi contrazioni debolissime, ma però sensibili: VII. Al riuscimento degli esposti effetti fisiologici molto influiva la temperatura e lo stato igrometrico. Di fatti in alcuni giorni vaporosi, ne'quali la temperatura si era di alcuni gradi abbassata non ebbi contrazioni,

o del tutto equivoche; e vigorosissime per lo contrario nei giorni assai caldi e secchi. Questo fenomeno venne riconfermato da *Matteucci.*

Il sig, *Pixi* con una calamita che portava più di cento chilogrammi e con una spirale sul ferro dolce di quattro mila giri, il cui filo era lungo mille metri, ha ottenute commozioni sensibili nelle dita, immergendo le mani nell' acqua acidulata, dove pescavano le estremità del filo conduttore. Con le calamite coniugate del *Nobili* si sentivano le vive scosse fino al gomito. Le commozioni che si hanno con le possenti macchine attuali da queste correnti riescono più forti e più moleste di quelle che si hanno dalle correnti continue, il qual effetto viene dal *De la Rive* attribuito alla discontinuità e direzione alternativamente contraria delle correnti magneto-elettriche. Io giunsi perfino colla macchina che possiede l' I. R. Liceo di Venezia ad avere, usando del sistema a corrente doppia, nell' animale lo stato di rigore, e nel galvanometro niuna declinazione, ma solo un tremolìo non dissimile da un moto intestino e molecolare.

Per ottenere la scossa con la macchina di *Clarke* (*Fig.* 92, afferransi colle mani bagnate d' acqua salsa od acida i due conduttori R. S, uno de' fili, congiuntivi dei quali s' introduce nel foro di una delle piastre di ottone M od N, e l' altro nel foro praticato alla cima dell' asse di ottone che porta l' interruttore H. Si congiungono poi le piastre M ed N con l' archetto T, e girando la puleggia E nel senso della freccia segnatavi sopra, ricevesi la scossa da quello che tiene le impugnature R ed S. La scossa che ottiensi da una armatura d'intensità guernita con 1371^{m} di filo sottile isolato, è tale che anche quelli di nervi molti robusti non si assoggettano sì facilmente a riceverla due volte. Ponendo R, S in due bacini separati di acqua salsa, ed immergendo una mano in ciascun bacino, la scossa riesce pure molto possente, e questo modo è preferibile in quanto che

lascia alla persona la facoltà di sottrarvisi ogni qualvolta desidera: ciò non è altrimenti coi conduttori R, S; imperocchè i muscoli delle braccia contraggonsi così violentemente da obbligare le mani a stringere i conduttori stessi senza poterli abbandonare. Ponendo i due fili congiuntivi di R, S in M, N, obbligando la corrente principale ad attraversare il corpo della persona, la scossa riesce assai debole. Io costantemente ho ritrovato che *i fenomeni fisiologici della corrente derivata, sono di molto più cospicui di quelli della corrente principale doppia e semplice.* Ho detto derivata e non d' induzione; perchè messo il ponticello da far percorrere alla corrente magneto-elettrica una via tutta metallica, mi avvidi che il più sottile diaframma coibente o quasi coibente, che s' introduce nel circolo, sospende il fenomeno della scossa, mentre nel ponticello la corrente si manifesta tuttavia scintillante. La scossa può modificarsi in varie guise scemando la velocità con cui si gira la ruota E, oppure accrescendo la distanza fra il magnetismo A e l' armatura D, od anche facendo che s' interrompa il contatto della molla Q col pezzo H, quando l' armatura o l' induttore D è orizzontale. Io ho osservato più volte, che, se il movimento dell' àncora era lento da far percorrere alla manovella un quarto di giro per minuto secondo, ed anche mezzo giro nel medesimo tempo, non aveva sensazione di sorta alle mani; ma che rendendo il movimento più celere, io aveva una serie di scosserelle, che a quando a quando venivano interrotte da una più forte. Della verità di questi fenomeni fui assicurato da tutti quelli che amarono sottoporsi all' esperimento. Questo modo di agire della macchina magneto-elettrica mi fece ricordare quello che diceva il *Volta* del suo elettromotore, la virtù scuotente del quale attribuiva alla potenza che ha di somministrare in un tempo sommamente piccolo delle quantità di elettrico, che non potrebbero fornire le più potenti macchine a sfregamento. Si ha dunque colla

macchina magneto-elettrica una riprova sperimentale dalla sentenza Voltiana, che ammette che l'elettrico debba replicare velocemente i suoi urti per produrre la scossa. Una riconferma di quanto asseriva il mio illustre concittadino e collega prof. *Zamboni*, che la forza della scossa è in ragione composta della quantità e velocità dell' elettrico.

È noto ancora a'fisici come la spirale elettro-dinamica a magnetismo temporario rinvigorisca gli effetti fisiologici di un elemento voltiano; mi cadde in pensiero di sperimentare se altrettanto avvenisse nella macchina magneto-elettrica, ma quantunque volte io avessi tentato, non mi venne mai fatto di provare aumento di scossa o di scintilla; anzi costantemente io sperimentai infievolimento e dell'una e dell'altra. Si noti che nel compiere il circolo colla spirale elettro-dinamica, ora la persona vi era parte integrante, ed ora era sottoposta soltanto all' influenza di derivazione, stringendo in mano due grossi cilindri di ottone, che facevano parte del circuito magneto-elettrico. Io penso che tali risultamenti debbonsi attribuire al rapporto che nasce fra la virtù debilitante del filo, e quella corroborativa della spirale elettro-dinamica, e del magnetismo evanescente della spranga di ferro dolce, che porta in suo seno, avuto riguardo alla tensione della corrente magneto-elettrica; per cui se la resistenza del filo supera la forza induttiva del magnetismo, non vi ha sviluppo dell' elettricità (1). Questo fenomeno da me pubblicato nel 1840, viene dal sig. *Palmieri* proclamato come suo ed importante nel 1844.

Leopoldo Nobili nella Raccolta delle sue Memorie che pubblicò in Firenze nel 1834, esponeva la somma difficoltà, che dovevasi superare per conseguire il sapore alla lingua ed il lampo agli occhi, e più

(1) *Zantedeschi*, *Memoria sopra alcune modificazioni ecc. pag.* 133.

innanzi aggiugneva il fenomeno fisiologico sulla lingua non potere determinarsi che nel caso in cui abbia luogo la decomposizione degli umori di quest'organo; ma niente di tutto questo regge alla prova dei fatti. In un sistema nervoso-muscolare eccitabile, i due indicati effetti hanno luogo agevolmente con apparecchi sensibilissimi, che non sono valevoli a dare indizio veruno di chimica decomposizione. Ai due poli di una calamita fatta a ferro di cavallo delle comuni, della forza di dieci libbre, avvolte due spirali formate di filo di rame circondato di seta, l'una delle quali al polo nord aveva 44 spire, e l'altra 30 al polo sud, ottenni sapore da un giovane al distacco e all'attacco dell'àncora, e da due altri, oltre il sapore il bogliore; ed avendo aggiunte al polo nord 32 spire e 58 al polo sud, ebbe il vivo lampeggiare di luce ancora quel giovane che da prima non esperimentava che il solo sapore. Di questi miei risultamenti il giorno 18 gennajo 1835 resi consapevole l'Ateneo di Brescia, ed alcuni socj rinnovarono con piacere i due indicati fenomeni, ed ebbero in essi una riprova del diverso grado di eccitabilità nerveo-muscolare, dalla quale precipuamente ripetere si deve il riuscimento di tali effetti; e non dalla pura tensione e quantità di carica, come parve che pensasse il fisico di Firenze, il quale non ebbe gl'indicati fenomeni che cogli apparati più energici (1).

(1) *Zantedeschi, Di due effetti fisiologici ottenuti colle correnti magneto-elettriche; Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto an.* 1835; *pag.* 44. *Saggio magneto-elettrico, pag.* 168; *Pianciani, Istituzioni fisico-chimiche T. III, P. II, pag.* 658.

ARTICOLO III.

§ 190. *Degli effetti ottenuti dalle batterie telluro-elettriche.*

Dobbiamo ora dire come siensi ottenuti effetti elettrici analoghi a quelli, che abbiamo veduto dare le calamite anche col magnetismo terrestre. Dopo il primo effetto ottenuto dal *Faraday*, da noi superiormente riferito, *Nobili* ed *Antinori* riconobbero che gli effetti aumentavano più che pel numero delle elici, per l' ingrandimento del loro diametro e della grossezza dei fili. Presero essi un tubo di cartone del diametro di circa due pollici ed alto quattro. Gli avvolsero d'intorno un filo di rame isolato della lunghezza di 40 metri; tenendo libere le estremità per porle all'occorrenza in comunicazione col galvanometro. Il tubo era spianato in guisa da reggersi verticalmente sulla tavola da ambe le parti, il che permetteva di capovolgerlo a piacimento. Si sa che un cilindro di ferro dolce, collocato parallelamente all' ago d' inclinazione, sente l' influenza del magnetismo terrestre, la parte inferiore acquista il polo magnetico del nord, la parte superiore il polo contrario del sud. È questo un fenomeno di posizione che si determina sempre allo stesso modo su quella specie di ferro, altrettanto incapace di conservare per virtù propria il magnetismo ricevuto, quanto disposto a riceverne del nuovo da qualunque lato gli venga somministrato.

L'inclinazione dell'ago essendo di circa 63°, fissato in questa direzione il tubo di cartone, coperto della sua spirale elettro-dinamica, vi collocarono dentro un cilindro di ferro, ed all' atto dell' introduzione videro sul galvanometro il movimento dovuto alla presenza di una corrente eccitata dal magnetismo. Estraendo il cilindro ottennero il movimento inverso. Niun dubbio adunque, che il magnetismo terrestre

basti da sè solo allo sviluppo della corrente elettrica. Non si deve però in questo luogo dissimulare una circostanza, ed è che quello sviluppo si effettua, nello esperimento sopra indicato, coll' aiuto di un intermezzo, il ferro dolce, che s' introduce dentro la spirale. Questo è vero senza dubbio; ma vero è altresì che non è assolutamente indispensabile ricorrere a quel sussidio per ottenere segni non equivoci dell'influenza di cui si parla. Ponendo la spirale cilindrica col suo asse parallelo all'ago d'inclinazione, poi rovesciandola nel meridiano magnetico con un mezzo giro di 180°, si vedranno al galvanometro comparire i segni della corrente, che si eccita sulla spirale, per la sola influenza del magnetismo terrestre. Per conoscere l' effetto notavasi non essere nemmeno necessario soddisfare rigorosamente alla condizione di operare nella direzione dell' ago d' inclinazione, poichè succede il fenomeno anche nella posizione verticale; l'effetto è semplicemente minore, ma distinto sempre al segno da non indurre in errore. Chiaramente si vede quanto avveniva in queste esperienze, il piano delle spirali riguardava precisamente il polo nord, dal momento che l' asse delle spire era parallelo all' ago d' inclinazione; e quel piano, capovolto per rovesciamento del sistema, si toglieva prima dall' influenza del magnetismo terrestre, indi vi ritornava con la faccia opposta, rinnovando sopra di sè la produzione di due correnti che andavano per lo stesso verso e si sommavano al galvanometro. Le deviazioni che si ottenevano operando in tal guisa appartenevano adunque, secondo *Nobili* ed *Antinori*, allo sviluppo di due correnti, l'una delle quali era la *riprodotta*, che risultava dal togliere la spirale dall'influenza del magnetismo terrestre; l'altra la *prodotta*, che si sviluppava sulla spirale allorchè questa ritornava rovesciata a sentire l'azione dello stesso magnetismo. Per avere distinto un effetto dall' altro, bastava dividere in due tempi il mezzo giro di 180°, che le spirali facevano nel rovesciarsi compiutamente.

Nel primo tempo facendo fare alle spirali un solo quarto di giro, si aveva in questo movimento l'effetto della corrente riprodotta; quello poi della corrente prodotta si aveva compiendo il secondo quarto di giro in un altro tempo. Le deviazioni galvanometriche che spettavano a ciascuna delle due correnti erano la metà circa di quelle che si avevano dal rovesciamento totale eseguito in un solo tempo, come io stesso me ne sono convinto.

Finchè si trattava di spirali di un diametro discreto, le esperienze si facevano con molta facilità. Col crescere del diametro conveniva adattare le spirali d'intorno a dei tamburi o gran cerchi sostenuti convenientemente, e le esperienze allora divenivano incomode per la difficoltà di maneggiare con prontezza de'sistemi così voluminosi. Ad ogni modo i risultamenti ottenuti potevano considerarsi abbastanza giusti per una prima approssimazione.

Servivansi i nostri due sommi fisici di due galvanometri per la misura delle correnti, l' uno sensibilissimo a due aghi per le piccole spirali, l' altro molto meno dilicato ad un ago solo per le spirali più grandi. L'effetto misurato era quello che si aveva dal totale rovesciamento delle spirali; essendo questo effetto doppio di quello che spettava a ciascuna delle due correnti che si sviluppavano in quella circostanza, bastava dimezzarlo per avere la misura di una sola di queste correnti.

Con questi mezzi esaminarono il *Nobili* e l' *Antinori* l' influenza della grossezza del filo, del diametro e del numero delle spire sulla elettricità prodotta dal magnetismo terrestre: e dai risultamenti ottenuti, che veggonsi esposti nella loro Memoria in un quadro, appare che più che sul numero di spire convien, per l' ingrandimento degli effetti, contare sopra gli altri due elementi, grossezza del filo e diametro delle spire. Il risultato più forte che ottennero dai loro esperimenti si fu quello di 20° a 21° avuto da una spirale di 25 a 30 giri avvolti d'intorno a

un gran cerchio di dieci piedi e mezzo di diametro, che si era imperniato sopra due sostegni per poterlo rovesciare con facilità. Il risultato dei 20° comprende l'effetto delle due correnti *riprodotta* e *prodotta*, che si determinano nel caso del rovesciamento totale e si sommano; l'effetto di una sola delle due correnti risponde a più di 10°. Avendo il *Nobili* e l'*Antinori* già ottenuta la scintilla da combinazioni magneto-elettriche della sola forza di 5°, potevano quindi credere di avere in una forza superiore a 10°, più che non fosse occorso per quell'effetto. Tentato per altro l'esperimento non riuscì sia per la mancanza della rapidità necessaria nel rovesciamento del gran cerchio di dieci piedi e mezzo, sia per la difficoltà di aprire il circuito al momento opportuno eseguendosi a mano e l'una e l'altra operazione. « Sarebbe un bel vedere, conchiude il *Nobili*, uscire la luce elettrica dal semplice rovesciamento di una spirale in mezzo allo spazio! La cosa non è solamente possibile; è poco meno che assicurata dai risultati a cui siamo pervenuti. A quel che pare non rimangono che delle difficoltà d'esecuzione da superare. » Ma a vincere queste difficoltà occorsero tuttavia pressochè dodici anni, e lo si fece, prima che altrove, in Italia, come vedremo. Frattanto io faceva osservare che ciascuna delle correnti prodotte e riprodotte è l'effetto di due correnti che si sommano insieme, ciascuna delle quali ha luogo per ogni quarto di giro e di rivoluzione in un piano orizzontale (1).

Lorenzo Fazzini con apparati semplici ed ingegnosi si applicò ad esperimenti di qualche interesse

(1) *Zantedeschi, Della Polarizzazione dei conduttori isolati diretti a determinati punti del globo, e di un nuovo apparecchio per esplorare l'elettricità atmosferica, Milano, dalla Società tipografica dei Classici Italiani, anno* 1837.

sugli effetti del magnetismo terrestre per eccitare correnti elettriche. Uno di questi apparati vedesi disegnato nella figura 93. Esso consiste in un cilindro di ferro dolce A lungo 23 centimetri, del diametro di 33 millimetri e del peso di circa due chilogrammi, intorno al quale avevasi avvolto un filo di rame, precedentemente vestito di seta, per isolare una spira dall' altra della lunghezza di 100 metri e del peso di poco più di 1200 gramme. Ciascuno poi dei dischi di ottone, i quali conficcati nel cilindro sostenevano il filo spirale, aveva 83 millimetri di diametro esterno. Congiunti gli estremi fili dell'elica coi fili di un galvanometro sensibilissimo a due aghi, incominciossi mercè un manubrio a muovere il cilindro di ferro circolarmente da settentrione a mezzogiorno, ed a vicenda da mezzogiorno a settentrione: ed il movimento n' era tale che al principio non che alla fine di ogni semirivoluzione, l' asse si ritrovava perpendicolare o poco inclinato alla superficie della terra. Era notabile veder l' ago del galvanometro muoversi intorno al cerchio graduato, percorrendo dapprima 15°, a 20°; ma dopo poche mosse del cilindro pervenire alla massima deviazione, la quale variava fra i 55° ai 60°, ben inteso però che questi sessanta gradi vedevansi percorsi dall' ago ora da una, ora dall' altra parte dello zero delle divisioni, a seconda dei movimenti del cilindro.

Inoltre il medesimo *Fazzini* sotto al primo cilindro ne fece verticalmente situare un altro, pure di ferro dolce, avendo disposto in modo, che il cilindro superiore movendosi, andasse ora con l' una ora con l' altra estremità toccando leggermente il cilindro inferiore. Così le oscillazioni dell'ago riuscirono più rapide ed ampie, dappoichè avendo cominciato a correre da 25° a 30°, è subitamente arrivato alla massima escursione di 95° a 100°.

Volendo poi il *Fazzini* ottenere immediatamente dal globo le induzioni senza l'intermezzo del ferro,

fece costruire un cilindro di legno di 22 centimetri di lunghezza e del diametro di 18, alle basi del cilindro fece adattare due fondi parimente di legno, a ciascuno dei quali diede un diametro maggiore di quello del cilindro, cioè di 25 centimetri, dovendo essi sostenere il filo di rame vestito di seta ed avvolto intorno al cilindro medesimo. Il filo aveva la lunghezza di 190 metri ed il peso di circa due chilogrammi. Aveva infine usata la precauzione d' intonacare il cilindro di una vernice resinosa per meglio isolarlo. Avendo fatta la comunicazione fra i fili esterni di questa nuova elica ed i fili congiuntivi del moltiplicatore a due aghi, ed avendo fatto girare il cilindro di legno, come fece con quello di ferro, l'ago del moltiplicatore incominciò subito a deviare, scorrendo sulle prime 10° a 15°, ma giungendo dopo poche mosse del cilindro, ora dall' una ora dall'altra parte dello zero a 25° ed a 30°. In questo apparecchio le correnti eccitate nella spirale erano unicamente dovute all'induzione del magnetismo terrestre. Avendo finalmente il *Fazzini* ingrandite le dimensioni del cilindro di ferro ed allungato il filo della spirale elettro-dinamica, l'ago del galvanometro, dopo alcuni giri del cilindro, percorse 180°. Ora una volta che l' ago era giunto a questo punto, pel movimento del cilindro, girava continuamente intorno al cerchio, e non si arrestava se non quando si cessava di muovere il cilindro, ovvero lo si moveva in senso contrario.

Ma non ostante tutti questi esperimenti, nulla più delle deviazioni galvanometriche si ottenne. È merito dell' illustre fisico sig. prof. *Botto* l' aver conseguito la decomposizione dell' acqua ed altri chimici effetti con apparato simile a quello del *Fazzini*. Ecco come egli si esprime: « Due bacchette rotonde di ferro dolce lunghe un metro, di 15 millimetri di grossezza e munite di una spirale di filo di rame furono messe in rotazione, mercè un antico castello di macchina elettrica di cui mi prevalsi, fra gli estremi opposti

di due fasci parallelipedi di sbarre di tal metallo delle dimensioni $3^m,00$; $0^m, 26$; $0^m, 08$, collocati in una medesima dirittura, ch'era quella dell'ago inclinatorio, e separati da un intervallo di 4 decimetri per modo, che le bacchette rotanti venissero simultaneamente ed in ogni lor giro a raderne le facce verticali esteriori. Ciascuna delle due spirali si componeva di un filo di rame lungo 40^m di $^1/_2$ millimetro di diametro, che rivestiva doppiamente nel mezzo o per un terzo della lunghezza la bacchetta rispettiva, mentre ambedue le spirali si univano per non formare più che una sola, i cui capi comunicar dovevano col galvanometro. Furono però questi saldati a due anelli o cerchietti di rame, ond' era guernito un tubo di cristallo rotante sul proprio asse che era l'asse istesso di rotazione delle due bacchette di ferro, pescando tali cerchietti in due cavità piene di mercurio, entro cui venivano pure ad immergersi i fili del galvanometro.

Fu facile così sulle prime di verificare nelle varie loro particolarità gli effetti dell'induzione magneto-terrestre, che dava per ogni intero giro delle bacchette, e qualunque fosse il verso della rotazione, due contrarie correnti assai energiche, ciascuna delle quali spingeva talvolta l' ago a percorrere l' intera circonferenza. Tuttavia introdotte queste nell'acqua mista ad alcune gocce di acido solforico o nitrico in una campanetta di vetro per via di fili di platino, non produssero indizj apprezzabili di chimica scomposizione. Furono però sostituiti fili di ferro, ed ecco ciò che osservossi. Un sensibile svolgimento d' idrogeno dovuto all' ossidamento si operava spontaneo anche stando l'apparato in riposo dall'uno e dall'altro filo, e con niuna diversità di effetto, ossia che si stabilissero od interrompessero le comunicazioni. Ma non sì tosto, stabilite queste, le bacchette erano messe in rotazione, che una colonna ben vigorosa di gas si elevava da entrambi, e tanto più quanto più la rotazione era celere. Fu reso eccentrico uno dei due

cerchietti di rame sopra descritti, sicchè più non pescasse nel mercurio, se non girando quanto occorreva per raccogliere una sola delle due correnti d'induzione; ed allora ad un solo filo si annunziava il più energico sviluppo di gas e or dall'uno or dall'altro cangiando le comunicazioni. Fatte comunicare le estremità della spirale col galvanometro, questo si librava oscillando sui 45°, diversamente da ciò che succedeva sotto al rapido alternarsi di ambedue le correnti, in cui l'ago oscillava invece sopra lo zero. Volli operare in una campana armata da una parte di platino, dall'altra di ferro. Lo sviluppo d'idrogeno s'annunziava quivi al metallo ossidabile indipendentemente dall'azione dell'apparato e con inapprezzabile diversità di effetto sì quando erano interrotte, come quando sussistevano le comunicazioni. Ma, com'era facile prevedere, in questa seconda circostanza, si elevava anche dal platino una debole colonna di bollicine d'idrogeno dovute alla corrente idro-elettrica, che allora si stabiliva tra un filo e l'altro. Se però in simile congiuntiva così si disponevano le cose che la corrente unica di induzione fosse come la Voltaica diretta dal ferro al platino, uno sconvolgimento assai vigoroso d'idrogeno si manifestava al secondo metallo, mentre invece un simile effetto scemava senza annullarsi a quest'ultimo apparentemente inalterato rimanendo al filo ossidabile, se si invertiva la corrente magneto-elettrica. Se finalmente nelle medesime circostanze faceansi agire alla lor volta ambedue le correnti d'induzione come nel primo esperimento, le azioni loro cagionavano pure al filo di platino un forte e distinto aumento di effetto chimico, che osservato separatamente per ciascuna di esse era maggiore per quella diretta dal ferro al platino, che per l'altra diretta oppositamente. Operando con fili di argento sopra alcune gocce di solfato di rame in un vetro d'oriuolo, il filo negativo si coprì, sebben dopo parecchi minuti, di una crosta leggiera di ossido rosso di rame. »

Non rimaneva ad aversi dalla corrente telluro-elettrica che la scossa; la scintilla, l'ignizione de'metalli, e la magnetizzazione, e questi fenomeni furono ottenuti dal *Linari* e dal *Palmieri*. L'illustre prof. di Siena nel dicembre del 1839 si era a Napoli recato, per curarsi di una malattia d' occhi, frutto di troppo severe lucubrazioni, e questa fu l' occasione in cui il *Palmieri* nuovo ancora alla scienza e sconosciuto ai dotti, con istanze e preghiere cercò di unirsi in società scientifica al Nestore dei fisici Italiani; essa fu conchiusa il 12 Febbrajo 1841 sulle basi, che il lavoro scientifico fosse comune e ben equilibrato, e che in conseguenza ciò che potessero ottenere fosse in *comune sempre e di pari gloria ed onore.* Veggiamo poi nei Giornali con nostra sorpresa che nel 1844 si divise dalla società del *Linari* per attribuirsi intiera la gloria di alcuni fenomeni, che infatto ad entrambi sono comuni. Il *Palmieri* prima che entrasse in società col *Linari* non fece niente di nuovo; non fu che un semplice ripetitore delle esperienze del *Faraday*, *Nobili*, *Antinori*, *Fazzini*, e *Zantedeschi.* Al *Linari* egli deve scienza e celebrità, e lo ha concambiato con l'ingratitudine la più mostruosa. S' abbia egli l' illustre professore di Siena questo tributo di lode, e questo monumento non perituro di estimazione (1).

Dopo avere i nostri due fisici variate le loro batterie in diverse maniere, riuscirono a siffatte scoperte trovando il modo di sommare insieme gli effetti di tensione di parecchie spirali di filo di rame, preferendo di usarle col ferro dolce nel loro interno, il quale, come ognun sa, altro effetto non produce, che di accrescere l' energia dell' azione tellurica. Servironsi di cilindri vuoti e propriamente di pezzi di

(1) *Zantedeschi, Del Magneto-telluro-elettrico contro le usurpazioni del Palmieri, Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto*, 1845.

canne d'archibugio; imperciocchè siccome la tensione, entro un certo limite, acquista energia relativa al numero delle spirali ed al loro diametro, così in tal modo, evitando l'aumento della massa che sarebbe stato inopportuno anzi dannoso, resero più leggiero ed efficace l'apparato, il che importa assai. Questi cilindri sono lunghi $0^m, 6$ coperti nel mezzo per due terzi di loro lunghezza con cinque strati di spirali e chiusi agli estremi con turaccioli di ferro massicci, tali essendo le condizioni che si conobbe con l'esperienza dare il migliore effetto. I fili devono, come al solito, essere sottili per la tensione e grossi per la quantità: i nostri fisici, per la maggior sicurezza dell' esito, si tennero sulla via di una media grossezza, di un millimetro scarso pei primi e di un millimetro abbondante pei secondi. L'apparecchio loro adunque, che vedesi disegnato nella Figura 94, consiste in un telaio rettangolare di legno A, il cui piano è nell' asse dell' ago d' inclinazione. Sono in esso otto elementi o cilindri di ferro B della lunghezza di due piedi, e ben ricotti. Servono a tal uopo i tronchi di canne d' archibugio detti *moschettoni di Germania*. Sovra essi sono formate per sette ordini di giri e sempre dalle medesime parti, p. e. *destrorso* le spirali C di filo di rame della grossezza di un millimetro e della lunghezza di 1100 metri, che hanno una figura fusiforme a contorno parabolico. Essi cilindri cavi sono fissati sui lati più lunghi, e posti paralleli fra loro ed il piano magnetico, ed alla distanza di 13 centimetri, perchè la corrente dell' uno non sturbi con la sua influenza quella dell' altro. L'asse del telajo è normale al piano magnetico e passa pel mezzo degli elementi. Un capo di esso viene messo in rotazione con tutto il resto dell'apparecchio mediante un sistema di ruote posto dalla medesima parte e fissato al piede, che serve di sostegno a quella cima dell'apparato: l'altra cima poggia su di un sostegno e serve a condurre la corrente, avendovi dall' altra parte del sostegno stesso,

in D, una disposizione simile a quella delle macchine di *Clarcke*, per istabilire le comunicazioni e le interruzioni al tempo e modo che si conviene. Il moto di rotazione è tale che l'asse può fare 500 giri al minuto senza incomodo alcuno della mano che gira il manubrio. Siccome gli elementi terminano in fili liberi, così per la tensione si unisce il fine del primo elemento col principio del secondo, e si segue in tal guisa fino all'ultimo a quel modo che indica la figura. I due ultimi fili rimasti poi liberi conducono nel congegno D la corrente, la quale produce gli effetti suoi proprj mediante la disposizione di quei congegni medesimi. Per la quantità si congiungono in fasci i fili liberi dall' una e dall'altra parte dell'asse, e le appendici dello stesso metallo guidano al solito la corrente al congegno D. La scintilla per tensione comincia ad appalesarsi dopo il primo elemento, ma quella per quantità si vede solo quando, combinati in tensione due a due gli elementi, si congiungono in fascio al solito i fili liberi. Il mezzo per ottenere la scintilla con poca tensione e quantità, consiste nel far uso dell' estra-corrente di *Faraday*, facendo passare cioè la corrente d' induzione primaria per un filo di rame avvolto ad elica sopra un rocchetto di legno, o sopra un cilindro di ferro, e così allo stacco si vedrà la scintilla, che prima non appariva. Chi per altro adoperasse le eliche in queste congiunture, nella stessa maniera come si adoperano per le Pile, vedrebbe per avventura mancare l' effetto, perocchè qui è mestieri usare certe avvertenze speciali, che si derivano dal rapporto che nasce fra la virtù debilitante del filo e quella corroborativa della spirale elettro-dinamica e del magnetismo evanescente della spranga di ferro dolce, che porta in suo seno, avuto riguardo alla tensione della corrente magneto-elettrica, come io ho discoperto con numerose esperienze. Con la scorta di questo principio e de' miei esperimenti che dimostrano essere le spirali influenti

sugli effetti di tensione e di quantità, il *Palmieri* ha dedotto le seguenti avvertenze: 1. Il filo per l'estra-corrente non deve essere più sottile di quello delle armature, particolarmente per la scintilla: 2. Se il filo sia dello stesso diametro può dare un'estra-corrente che accresca la scintilla e la scossa, particolarmente usando il ferro: 3. Se il filo della estra-corrente è più grosso di quello dell' armatura, gli effetti saranno più considerevoli: 4. Questi aumenti non si appalesano sul galvanometro: 5. La lunghezza del filo per l' estra-corrente deve avere una certa relazione a quella del filo dell' armatura, la quale varia secondo i diametri. Posto ciò, se invece del ponticello di filo di rame della batteria magneto-elettro-tellurica, o dell'apparecchio di *Clarcke*, pongasi un'elica di filo di rame che abbia le condizioni di sopra esposte, potrannosi sperimentare gli effetti dell' estra-corrente; ed in tal modo il *Palmieri* ha potuto aver la scintilla con una sola elica di cinque giri di filo di rame della grossezza di $0^m, 002$. L'interruzione si effettua nel momento in cui gli elementi stanno per ridursi perpendicolari all'orizzonte nel caso che la rotazione sia dal nord al sud.

Se il telajo fa una semplice semirivoluzione, il galvanometro a filo lungo per tensione fa molti giri. Se il telajo fa rivoluzioni un po' rapide o rapidissime quanto si voglia, produce gli anzidetti fenomeni di scosse, decomposizioni, scintille, ignizione e magnetizzazione. L' apparato è leggiero ed elegante, e senza inconveniente si può ingrandire accrescendo il numero degli elementi o congegnando gli assi di più telaj con molle di pressione, a quella guisa che fa *Wheastone* per le sue macchine magneto-elettriche, sicchè i poli dei varj elementi vengano intercettati alternatamente o contemporaneamente, divenendo con ciò le correnti ottenute molto più energiche. Il sig. *Minotto* fa osservare, che avrebbesi senza dubbio notabile aumento di effetto anche con un solo telajo simile a quello disegnato nella figura, sotto-

ponendo a ciascuno degli otto cilindri di esso, altrettante spranghe di ferro dolce nella stessa direzione del cilindro, cioè in quella dell' ago d' inclinazione, a quel modo che il *Fazzini* e il *Botto* avevano fatto. L'effetto aumenterebbesi ancora maggiormente ponendo altre otto spranghe simili al di sopra dei cilindri e nella stessa direzione di quelli inferiori. Il *Palmieri* fa inoltre conoscere, che il ferro introdotto nelle spire equivale ad un aumento nella lunghezza del filo, per cui quando il filo comincia ad esser troppo lungo presentando una soverchia resistenza, l'introduzione del ferro nell'elica, rende cotesta resistenza più forte. Questa legge mi è sembrata degna dell' attenzione de' fisici, e poco d'accordo con le idee che ora si hanno. Ho potuto intanto per tal modo far balenare la scintilla d' induzione tellurica anche da una sola spira di picciolissima forza, avente cioè cinque ordini di filo. E quando la lunghezza e la grossezza del filo dell'elica dell' extra-corrente abbia una conveniente relazione con quella dell'armatura, la scossa riesce con considerabile aumento ». Se il signor *Palmieri* avesse voluto meditare sui diversi fatti osservati dal prof. *Dal Negro* nel magnetismo temporario, e da me in varie *Memorie* di elettro-magnetico e di magneto-elettrico, ch' egli ha nelle mani, avrebbe veduto da un lato non aver detto niente di nuovo, e dall'altro aver miseramente confuso due casi che vogliono essere al tutto distinti fra loro. Nel filo indotto delle armature di queste macchine si eccita l' elettrico e lo si propaga; sicchè lo stesso filo è la sede dell'eccitamento e della propagazione; a differenza delle altre macchine, nelle quali la sede dell' eccitamento è distinta dal filo congiuntivo di propagazione; il filo dell' armatura di una macchina magneto-elettrica non riceve un' estranea elettricità, come fa il conduttore di una macchina di attrito, ma propaga quella che per induzione si suscita nella sua massa; perciò nelle macchine in cui la sede di eccitamento

è distinta dalla sede di condizione, può sussistere una elettricità eccitata, senza che questa sia condotta: basta che il filo congiuntivo presenti una resistenza maggiore alla tensione dell' elettrico, perchè questo rimanga raffrenato o nello stato di semplice pressione; ma nelle macchine, in cui la sede di eccitamento è ancora la sede di conduzione, essendo la resistenza maggiore della forza induttiva, non può aver luogo sviluppo di elettrico. Egli è come un coibente che si affaccia alla virtù induttiva, in cui l'elettrico naturale non si sposta o non si decompone. Di questa sentenza è pure il celebre *Gauss*. Ora nelle macchine telluro-elettriche abbiamo due induzioni, come nelle comuni magneto-elettriche: 1. Del magnetismo terrestre sulle spirali: 2. Del magnetismo temporario del ferro dolce, che si suscita per l'azion della terra, sulle stesse spirali. Se impertanto la massa del ferro dolce non si presta all'azione induttiva del globo, non si magnetizza; e se la spirale offre troppa resistenza o all'azione del magnetismo temporario o al permanente del globo, non si costituisce in uno stato elettrico. Ed invero nelle mie esperienze sulla magnetizzazione ho dimostrato che gli aghi di una data massa che non si calamitavano con una data corrente, si magnetizzavano egregiamente con una corrente più forte (1); ho dimostrato l' influenza distinta, che esercitano la massa e la tempera degli aghi, la lunghezza e il diametro del filo induttore; e nella macchina magneto-elettrica messa una spirale elettro-dinamica a far parte del circuito principale, io ho indebolito di molto gli effetti fisici e quelli ancora fisiologici di derivazione. Con l'armatura a filo sottile, io vidi che bastava una semplice traversa per rendere insensi-

(1) *Relazione Storico-critica sperimentale sull'elettro-magnetismo del professore Francesco Zantedeschi, pag. 50. Venezia coi tipi del Gondoliere*, 1840.

bile la scintilla, e che in quella per converso a filo grosso e in proporzione corto, si ricercava una massa considerabile di ferro. In una macchina magneto-elettrica richiedevasi una massa di ferro dolce del peso di undici libbre grosse venete, che uguagliava intieramente il peso che l'intiero magazzino magnetico poteva sostenere. Per ultimo non ommetterò di osservare che una macchina *magneto-elettrica* funziona nel tempo medesimo come una macchina *elettro-magnetica*. La doppia corrente eccitata dal magnetismo tellurico e dal temporario della spranga, tende a produrre un polo opposto a quello eccitato dal magnetismo terrestre nella spranga di ferro dolce; e perciò nel finale risultamento non si ha che la differenza tra l'effetto dell'induzione di primo ordine e quello di secondo ordine (1). Non debbo finalmente dimenticare, che una macchina elettro-magnetica funziona simultaneamente come una macchina magneto-elettrica. Le spirali in movimento si avvicinano e si allontanano dai poli delle magneti che sono sottoposte all' influenza del magnetismo temporario del ferro dolce, che portano nel loro seno. Vi sono adunque le correnti stato e dinamo-magneto-elettriche cospiranti fra di loro, che sono opposte alla corrente originaria magnetizzante. Non si ha dunque che la differenza dei due opposti effetti; ed ecco manifesta la cagione dell' inefficacia di tutti i tentativi fatti da' fisici per accrescere la velocità di queste macchine, per sostituirle alla forza del vapore. Essi non furono mai guidati dalla vera teorica fisica di queste macchine: eppure non mancavano scritti, che racchiudevano gli elementi principali e le leggi da farli discredere della utilità di tanti sforzi e di tanti dispendj (2).

(1) *Zantedeschi*, *Teoria fisica delle macchine magneto-elettriche ed elettro-magnetiche*, *letta all' I. R. Istituto Veneto nella pubblica seduta del* 19 *gennajo*, 1845, *Annali delle Scienze*, 1845. (2) *Zantedeschi*, *Saggi elettro-magnetici e magneto-elettrici*.

ARTICOLO IV.

§ 191. *Degli effetti ottenuti con le batterie elettro-magneto-elettriche.*

Il primo a trar partito dalle correnti d' induzione elettro-magneto-elettriche è stato *Callan*, professore di fisica all' Università Cattolica d' Irlanda. La corrente d' induzione è prodotta da una corrente originaria Voltiana all'atto del compiersi e dell' aprirsi del circolo, e dal magnetismo nascente ed evanescente. L' apparato è formato di un elettromotore circolare e di un filo grosso e corto di rame circondato di seta, che mena la corrente originaria, il quale piegato in elice cinge un pezzo di ferro dolce, e di un secondo filo di rame parimente isolato, che avvolto a spira è sovrapposto al primo; in questo si sviluppa la corrente d' induzione ogni qual volta si apre o si chiude il circolo. Questa disposizione è stata modificata da *Sturgeon* coll' avvolgere le due spire ad un tubo di legno o di cartone lungo circa 12 in 14 centimetri, e rilevato agli orli per tenere raccolto il filo delle due spirali. Nell' interno di questo tubo, si colloca la verga di ferro dolce, che all'atto di magnetizzarsi e smagnetizzarsi, rende più energica la corrente d' induzione sviluppata dalla Voltaica. In luogo di un cilindro massiccio, secondo le idee di *Bachofner* di Londra, fu sostituito un fascio di fili dello stesso metallo. La spirale per la quale trascorre la corrente primaria, ha d'ordinario la lunghezza di circa 30 metri, mentre quella in cui ha nascimento la corrente indotta, è lunga quasi 300 metri. Per interrompere a brevissimi intervalli la corrente Voltaica e risvegliare nel lungo filo una serie di successive correnti secondarie atte a produrre delle scosse e delle scintille, e nel filo corto a rinforzare la primaria in modo da ottenere anco delle decomposizioni chimiche e delle combustioni,

furono immaginati diversi congegni, fra quali vi è quello di una ruota dentata, mossa da una persona mediante un manubrio, da un sistema di orologeria, e da una calamita temporaria rotante di *Ritchie*. (*Fig.* 95).

De la Rive ha utilmente impiegato l'induzione Volta-elettro-magnetica a rinvigorire un elemento, che sotto il rapporto elettro-chimico può essere pareggiato a più coppie. Esso consiste nel far attraversare dalla corrente Voltiana un grosso filo avvolto a un cilindro di ferro dolce, il quale dalla corrente magnetizzato attrae una verghetta di rame portante un pezzetto di ferro dolce. Si apre il circuito, si genera la corrente d'induzione che viene rinvigorita dalla smagnetizzazione del ferro; quindi cade il pezzetto che fu attratto, si ristabilisce la corrente, che viene susseguita da nuova attrazione ed interrompimento (*Fig.* 96). *De la Rive* chiama questo apparato *condensatore elettro-chimico*, o *condensatore Voltiano*. *Billaud* applicò le correnti d'induzione prodotte dalla Pila alla magnetizzazione delle calamite naturali di una cattiva natura.

Io pure mi sono occupato degli effetti prodotti dalla macchina di *Callan*. Quella di cui io mi valsi era formata di un elemento Voltiano a forza costante di rame e zinco del lato di 18 centimetri, e caricato con soluzione di solfato di rame ed acqua delle nostre lagune, leggermente acidulata con acido solforico, della calamita rotante di *Ritchie*; di una spranga di ferro dolce della lunghezza di 22 centimetri, della larghezza di 6 e della grossezza di uno, circondata da una spirale formata di filo di rame lungo 25 metri e grosso due millimetri conducente la corrente Voltiana; e finalmente della spirale di induzione sovrapposta, formata di filo di rame del diametro circa di mezzo millimetro e lungo 700 metri. Con la spirale indotta si può a volontà sperimentare a 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 metri (*Fig*, 97). Io ho impertanto nelle mie ricer-

che variata soltanto in alcuni casi la lunghezza del filo indotto, rimanendo le altre parti dell' apparato costanti (1).

Queste ricerche si riferirono alla intensità ed intermittenza della scintilla, alle chimiche decomposizioni, ed alcuni fenomeni fisiologici.

Rispetto alla intensità della scintilla, mi parve ch' ella crescesse all' aumentarsi della lunghezza del filo indotto. Ecco il modo che io tenni per venir in chiaro di questo aumento. Sopra un sostegno ho fissati due carboni polari preparati secondo il metodo di *De la Rive*; e gli ho collocati a tale distanza da averne la scintilla con la lunghezza di cento metri di filo indotto. Dopo che fu intieramente cessato lo scintillamento per l'accresciuta distanza prodotta dal trasporto del carbone incandescente, ho compiuto il circolo col filo indotto di duecento metri, e la scintilla di nuovo si manifestò: questa pure, venuta meno, chiusi il circolo con trecento metri di filo indotto e riapparve il salto della scintilla, e così di seguito fino a settecento metri. In queste esperienze io potei replicatamente vedere che allo ristabilirsi della scintilla, dopo brevissimo intervallo, avvenivano delle intermittenze sensibilissime, le quali erano susseguite da una, due e più scintille, e queste pure da altre intermittenze fino a che lo scintillamento cessava e si ristabiliva all'aumentarsi del filo indotto. La corrente elettrica adunque va soggetta a delle variazioni d' intensità, le quali mi fecero ricordare il pulsatorio carattere delle correnti elettriche già

(1) *Zantedeschi, Memoria sugli effetti fisici, chimici e fisiologici prodotti dalle alternative delle correnti d' induzione della macchina elettro-magnetica di Callan, Atti dell' I. R. Istuto Veneto, seduta del 11 agosto, 1844; Giornale per servire ai progressi della patologia e terapeutica, 1844; Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto, 1845.*

stabilito da *Sturgeon*, del quale egli parla in più luoghi de' suoi Annali della elettricità e del magnetismo: del filo vibratorio di *Marsh*, e del carattere intermittente, del quale parla *Joule* in alcuni casi di elettrolisazione. Io ammetto impertanto con *Sturgeon*, *Marsh* e *Joule*, che le correnti elettriche hanno un carattere pulsatorio, vibratorio o d'intermittenza, che si osserva in tanti fenomeni di azione molecolare.

Le chimiche decomposizioni che io m'ebbi, non crebbero sempre al crescere della lunghezza del filo indotto, come io osservai nella scintilla. Fino alla lunghezza di 400 metri di filo indotto, mi parve aumentarsi la copia dei gas che si svilupparono in un analisimetro a punte assai vicine come si usa nelle correnti magneto-elettriche; al di là di questo limite lo sviluppo scemò, ed a 700 metri di filo indotto o non ebbi fenomeno sensibile o debolissimo o a getti ed intermittente. Queste sono le forme sotto delle quali si è presentato il fenomeno. Qui pure ebbi una riprova del carattere intermittente delle correnti elettriche.

I fenomeni fisiologici della scossa crebbero all'aumentarsi della lunghezza del filo indotto fino ai 700 metri. Ciò io raccolsi dalle esperienze fatte sopra me stesso e da quelle di varii individui, che amarono di sperimentare. Si ricercherebbero apparati formati sopra una scala estesissima, per osservare quali sieno i limiti degli accrescimenti in ordine agli elettromotori Voltiani che si avessero ad impiegare. I fenomeni adunque fisiologici non procedono rispetto alla lunghezza del filo indotto come i fenomeni chimici. Questi scemano o si sospendono per un dato numero di alternative di una data tensione; quelli invece nelle stesse condizioni si rinvigoriscono. Coll' aumentarsi della lunghezza del filo indotto si accresce la tensione, ma si diminuisce il tempo, in cui le due opposte correnti si succedono. L'aumento di tensione avvalora i fenomeni chimici; ma questi nelle alternative abbisognano

di un dato tempo finito. Questo in relazione alla tensione, pare che basti fino a' 400 metri di lunghezza di filo indotto; al di là di questo limite, la tensione crescente bensì favorisce i fenomeni chimici, ma l' elemento del tempo, che sempre più diminuisce, vi si oppone e giugne a quel brevissimo tempuscolo in cui le alternative si succedono, che non basta al trasporto degli elementi ai poli opposti dell' apparato, ed è tuttavia sufficiente perchè venga modificata la fibra vivente in modo da averne l' animale una sensazione. Del che io n' ebbi una prova in altre esperienze, nelle quali osservai, che la più piccola differenza di tempo fra due correnti di ugual quantità, bastava alla produzione del fenomeno fisiologico e che si ricercava il perfetto sincronismo, perchè esso pure non avesse a manifestarsi. La mancanza adunque di alcuni fenomeni non è sempre argomento di un perfetto sincronismo; e pare per questo riguardo che i fenomeni fisiologici meritino la preferenza.

Io dirò per ultimo del modo di comportarsi degli animali a sangue caldo e a sangue freddo sotto le alternative delle correnti indotte.

Il chiarissimo clinico *Namias* fino dal 1833 nel suo interessantissimo lavoro intorno alle alterazioni delle forze vitali, ebbe più volte ad osservare un'ora dopo che le scosse elettriche aveano estinto negli animali ogni traccia di vita, aprendone il petto, ancora nelle cavità del cuore, massime nella destra, gli ordinarii movimenti di contrazione e dilatamento; ebbe a conoscere la grave possanza dell' elettrico sul sistema nervoso, tenuissima sul vascolare; per cui egli avvisò che gli effetti dell' elettrico su di questo avvengano per mediazione di quello che vedesi ne' suoi turbamenti valevole a sconcertarne le funzioni e sino a sopprimerle intieramente e l' illustre sig. professore *Geminiano Grimelli*, nel 1839 notò che le più energiche azioni elettriche considerate in rapporto alla loro influenza sulle funzioni vitali, riscontransi più pronte ed agevoli a colpire, a sospendere

a sopprimere le funzioni cerebrale e respiratoria, di quello che la cardiaca e circolatoria .... la anestesia dell'apparato encefalico sensorio osservasi propriamente nello stato apopletico e le forti scariche e le intense correnti elettriche esercitano grande potere per promuovere la detta maniera di anestesia in un collo stato apopletico. Gli animali che vengono più facilmente strammazzati, in istato apopletico dalla scarica elettrica, sono gli uccelli che hanno una massa encefalica assai considerevole; quanto più si discende nella scala animale, e quanto più riscontrasi decrescere la massa encefalica, tanto meno agevolmente si osserva lo stato apopletico prodotto dalle scariche, o dalle correnti elettriche: io ho osservato non pochi animali invertebrati sostenere inpunemente forti scariche ed intense correnti elettriche. Dietro simili principii l'uomo colpito dal fulmine è a considerarsi più agevolmente esposto allo stato apopletico, poi all'asfitico e per ultimo al sincopale; sembra che in simili istanti la piena elettrica, che investe i tessuti organici, e che per entro ai medesimi ovunque ridonda, si porti e si aduni per le influenze nervose a colpire ed opprimere la massa encefalica e a produrre così lo stato apopletico più o men grave e mortale; maniere di considerazioni che io desidero, conchiude il *Grimelli*, riescano a dlrezione e decoro del medico che s'abbatte a dar opera e a dire parole, nelle circostanze, pur troppo non molto infrequenti, di individui colpiti dal fulmine.

E nella adunanza del 14 Gennaio, 1843 della Reale Accademia di scienze, lettere ed arti di Modena, espose il *Grimelli* in una Memoria gli importanti risultamenti de' profondi suoi studi concernenti le attinenze e relazioni fra il calorico e l'elettrico negli esseri viventi.

E nel *Prospetto* che fece lo stesso delle *Memorie elettriche e Magnetiche pubblicate dal professor cavalier Stefano Marianini*, alla pag. 41 in nota soggiugne; « Frattanto ne sembra in proposito opportuno

l' avvertire, che le correnti d' induzione leido-elettriche dispiegano una efficacia fisiologica minima sugli animali a sangue freddo, e massima sugli animali a sangue caldo; così è che mentre per l' una parte promuovono minime e discrete contrazioni sulle rane, d' altra parte riescono oltremodo risentite e scuotenti per l' uomo ».

Questo fatto importante di elettro-fisiologia, confortato dallo stesso illustre professore *Grimelli* con lettere del 10 Marzo e 17 Aprile, 1844, l' ebbi io a verificare colle correnti d' induzione della macchina elettro-magnetica di *Callan*, notandone alcune particolarità, che non mi sembrano immeritevoli dell' attenzione dei dotti.

Due giovani vigorosi piccioni l' uno de' quali era di once tre, e grossi sei, denari sette, l' altro di once quattro, grossi uno, sottoposti successivamente all' influenza della corrente indotta rimasero uccisi; il primo in sei minuti, il secondo in dodici e più. Sotto l' azione della corrente indotta, essi entrarono in uno stato di convulsione spasmodica, al cessare della quale rimasero spenti colle membra rilassate. Quattro robuste rane vivaci, la prima del peso di un grosso e cinque denari, la seconda di due grossi e un denaro, la terza di due grossi e tre denari, la quarta di due grossi messe successivamente nel circolo elettrico, da prima gracidarono, appresso si ridussero in uno stato di rigore o di rigidezza; quindi passarono ad uno stato di rilassamento senza moto di sorta cogli occhi sporgenti. Ciascuna dopo dodici minuti di patimento fu levata dal patibolo elettrico: rilassate e flosce erano le membra ed immobili; ma dopo alcuni minuti riapparve il fenomeno della respirazione, divennero timpanitiche e ripigliarono a poco a poco il movimento degli arti. Il loro abito tuttavia mostrava un forte abbattimento. Consimili fenomeni io vidi sperimentando ancora con anguille. In varie esperienze, che ho istituite con molti di questi animali a sangue freddo, sottoposti per dodici

o quindici minuti all' azione delle alternative, una rana sola, ed una sola anguilla perirono: ed avendo sottoposti all' esperienza quattro canarini domestici, nell' intervallo di mezzo minuto, ciascuno rimase ucciso. Convulsioni spasmodiche, respiro affannoso, impallidimento nel becco, furono i caratteri che precedettero la morte. Il peso era presso a poco uguale a quello delle rane. Si è sempre procurato che tutti questi animali compissero il circolo al medesimo modo e colle medesime parti, gambe e petto. Queste due forme di rigidezza e rilassamento negli animali a sangue freddo, di convulsione spasmodica in quelli a sangue caldo, sono elleno generali? Molte ed accurate esperienze e dispendi non piccoli si ricercano. Frattanto è aperta la via; verrà un giorno che altri ne compirà perfettamente l' istoria, variando le dimensioni della Pila; il numero de' suoi elementi, la lunghezza del filo inducente, la superficie e massa del ferro dolce, e per ultimo la lunghezza del filo indotto. Io sono per ora contento di averne notati alcuni caratteri di distinzione; di aver verificato che le funzioni cerebrali e respiratorie si risentono più delle cardiache e circolatorie. Le prove le feci sopra me stesso e sopra varie persone giovani ed adulte, le quali però non se ne risentirono tutte ugualmente. V' ebbe un uomo di 50 anni, che non soffrì minimamente al capo ed alla respirazione, mentre un giovane di 18 anni accusò come una specie di vertigine e mancanza di respiro. Questa diversità parmi che ripeter si debba dalla differenza di eccitabilità nelle persone sottomesse all' esperienza, e dalla diversità di resistenza che presentarono i loro corpi al passaggio delle correnti, come osservò *Lenz*.

Egli è da questa diversa resistenza, che oppongono le rane ed i conigli che ripeter si debbono, in mia sentenza, gli interessanti risultamenti ch' ebbe il professore *Grimelli* ad ottenere, i quali furono con felice successo da me confermati. « Quando una corrente Voltiana si fa passare dai nervi ai muscoli di

una rana galvanica, in modo che risultino discrete contrazioni, si osserva che la corrente elettrica indotta trascorrendo sui tessuti nerveo-muscolari di altra rana non vale a promuovere le contrazioni; che se una corrente inducente si fa passare dai nervi ai muscoli di un coniglio in modo da averne discrete contrazioni, si osserva che la corrente indotta trascorrendo sui tessuti nerveo-muscolari di altro coniglio vale a promuovere le contrazioni le più distinte. » Io bramerei che nella terapeutica elettrica si avessero sempre presenti queste condizioni fra specie e specie di animali, fra individuo e individuo, e riguardo agli stati particolari di età, di malattia e di cura medica. La terapeutica elettrica non progredisce universalmente, poichè l'elettrico o si applica nei casi non indicati dalla scienza, o non lo si applica in un modo conveniente, come vedremo nella seguente sezione.

SEZIONE DECIMA.

§ 192. *Della Elettrotipia e Terapeutica Elettrica.*

L'elettrotipia e terapeutica elettrica viene in tre capi divisa: tratta il primo della elettro-chimica in genere, il secondo delle principali sue applicazioni, nei corpi inorganici, e il terzo della cura delle umane infermità.

CAPO I.

§ 193. *Della Elettro-chimica.*

Nello studio elettrico-chimico de' corpi si dirà da prima di alcuni corpi in particolare, ed appresso delle leggi che presiedono alla decomposizione dei corpi binari, ternarii, quadernarii ecc., esponendo i risultamenti delle importanti scoperte dei sigg. *Becquerel* padre e figlio; ai quali terranno dietro gli

esperimenti attinenti all' origine della elettricità Voltiana.

ARTICOLO I.

§ 194. *Dello studio elettro-chimico di alcuni corpi.*

I poli dell' elettromotore Voltiano, che furono contraddistinti coi nomi di elettro-positivo ed elettro-negativo, come vedemmo, ora, grecizzando, sono chiamati *elettrodi* o *vie elettriche* da ὁδός via, ed ἤλεκτρον elettrico: de' quali, quello da cui esce la corrente positiva e va al liquido dicesi *anodo* da ἄνα sopra, ed ὁδός via; e quello in cui entra la corrente positiva, dopo avere attraversato il liquido, chiamasi *catodo* da κατὰ sotto, ed ὁδός via, come abbiamo già detto. Gli elettrodi adunque nell' apparato Voltiano sono le parti metalliche ove si raccolgono le contrarie tensioni elettriche e d'onde muovono le relative correnti. Chiamansi poi *elettroti* que' corpi, che nell' atto di essere attraversati dalle correnti elettriche vengono scomposti nei loro elementi, dalle parole greche ἤλεκτρον e λύω; sciolgo donde si deriva l' *elettrolisi* o l' *elettro analisi* detta ancora *elettro-chimica decomposizione.*

Si chiamano poi *elettrolitidi* quelle sostanze, nelle quali le decomposizioni elettro-chimiche si compiono con processi complicati, come avviene nelle soluzioni acquose metalliche, nelle quali le correnti elettriche sviluppando l' ossigeno e l' idrogeno, questo poi interviene a disossigenare e a ridurre l' ossido metallico. Nei casi di elettrolisi, i principii trasportati in due opposte direzioni vengono detti da ιον andanti, *ioni*; e quindi *anioni* quelli che si portano e si sviluppano sull'anodo da ἀνιών che va in alto, come sono gli acidi e l' ossigeno; e *cationi* quelli, che si portano e si sviluppano sul catodo, da κατιών che va in basso, come l' idrogeno e gli alcali. Così il cloruro di piombo è un corpo elettrolitico: quando esso è elettrolizzato, i due ioni, cloro e piombo, si separano

e diviene il primo un anione, e il secondo un catione. Questa nomenclatura è dovuta a *Faraday*, e venne pressochè intieramente adottata dai moderni scrittori di elettricità. Premessi questi cenni di nomenclatura elettro-chimica Faradiana, io debbo qui coll' illustre *Grimelli* riferire quanto avea ottenuto l' insigne profesore *Brugnatelli* nella elettro-chimica fino dal principio di questo secolo. L' istoria va precipuamente debitrice alla solerzia e sagacità dell' esimio professore Modonese, che trasse dalla dimenticanza i più preziosi monumenti, che rendono celebre ed immortale il nome del *Brugnatelli*. Gli rendo con sensi di compiacenza questo pubblico attestato di stima nell' atto che qualche pigmeo ed invidioso vorrebbe diminuirgli il vero suo merito (1).

Appena escito, dice il *Grimelli*, dalle mani del *Volta* il portentoso suo elettromotore idrometallico il *Brugnatelli* profittò subito di questo strumento impareggiabile per osservare i varj singolari fenomeni elettrofisici, elettrochimici, elettrofisiologici. Di tal guisa l'esimio chimico di Pavia rivolte, in special modo, le sue osservazioni ed esperienze ai fenomeni elettrochimici, cominciò fin dal 1800 ad avvertire nell' elettrico Voltaico siffatte proprietà chimiche, per le quali considerò l' accennato agente come un *ossielettrico*, manifestandosi realmente tale nel suo stato positivo o vitreo, ed appalesandosi per l' opposito quale *kalielettrico* nello stato negativo o resinoso; notò quindi che l' agente stesso opera sull' acqua seco lei unendosi ed investendola fino a strascinarla alla decomposizione, e che all' un tempo opera sui metalli sciogliendoli allo stato di particolari composti salini, che disse ossielettrati metallici, non che ripristinandoli da simili soluzioni con una particolare specie di fusione, per la quale si rappigilano lentamente sopra altri metalli.

---

(1) *Zantedeschi*, *Memoria I, di Elettropia*, *Venezia*, 1841.

Ed incessantemente inteso a simili osservazioni ed esperienze annunziò pure di aver riscontrato, che l'elettrico Voltaico secco trasportando dall'un polo all'altro le sostanze metalliche, ne risultava che in un apparecchio a corona di tazze anche debolissimo trovandosi nella stessa tazza conduttori metallici diversi, la sostanza dell'uno si gettava sulla superficie dell'altra aderendovi in modo, che trattandosi per esempio di conduttori o d'oro e d'argento o di rame e zinco, restava inargentato l'oro, ramato l'argento; gli accennati poteri poi cioè l'acidificante e salificante del polo positivo, e l'alcalinizzante e metallizzante del polo negativo, additati in sulle prime dal *Brugnatelli*, quindi più esattamente studiati dietro le singolari osservazioni del *Pacchiani*, condussero alla perfine il celeberrimo *Onofrio Davy* a conseguire con grandiosi e potenti apparati elettromotori la metallizzazione portentosa degli alcali e delle terre.

La accennata proprietà ed efficacia per la quale l'elettrico trasporta le sostanze metalliche ripristinate e pure, depositandole e concretandole specialmente sul polo negativo dell'elettromotore Voltaico, fu ben presto dal *Brugnatelli* diretta sulle soluzioni metalliche le più facili ad offrire la ripristinazione del metallo loro proprio, intendendo di tal guisa a trarne le più utili applicazioni; procedendo quindi avanti in simili maniere d'induzioni, riscontrò che le soluzioni degli *ammoniuri metallici* riescono le più spedite all'oggetto di ripristinarne, mercè l'elettromotore Voltaico eziandio il più semplice, i metalli precipitandoli così su altri metalli: lo che egli eseguì prevalendosi di varii ammoniuri disciolti, fra i quali usò quelli di rame e di oro ottenendo di tal guisa fin dai suoi giorni la elettroramatura e la elettrodoratura. Laonde poi il nostro chimico preclarissimo si fece sollecito di trarre profitto dalla esposta proprietà elettrochimica all'uopo di coprire con metalli i più resistenti alle ordinarie ossidazioni

quelli meno resistenti alle ossidazioni stesse; invero fino dal 1805 nel rendere conto al pubblico delle principali osservazioni e scoperte fatte in chimica nell' anno 1804, dopo avere riferite le straniere modestamente conchiude: *anche noi abbiamo ottenuto l' anno scorso degli utili risultati colle nostre ricerche.... abbiamo fatto vedere come l' ammoniuro d'oro possa servire a dorare l' argento per mezzo della Pila Voltaica;* quindi è manifesto che mentre il *Brugnatelli* già quaranta anni sono insegnava la elettrodoradura, rimasta poi dimentica fra le vicende dei tempi a tutt' altro intesi che alle semplici velature d' oro, d' altra parte il *De la Rive*, il *Ruolz*, l'*Elkington*, tre anni or sono riproducevano simile processo col surrogare alla soluzione di ammoniuro quella di cloruro, di cianuro, di ossido d'oro, e col sostituire al semplice elettromotore Voltaico il complesso così detto a forza costante: e dietro simili surrogazioni e sostituzioni, il *De la Rive*, il *Ruolz* l' *Elkington.* venivano dalla stessa Accademia delle Scienze in Parigi salutati e premiati quali discopritori dell' utile ed elegante processo dell' elettrodoratura.

S' arroge che il *Brugnatelli* dopo avere dimostrata la agevole spedita elettrolisi dell' ammoniuro di rame, richiamò eziandio l' attenzione degli elettrochimici intorno all' esterna facilità colla quale le più miti correnti elettriche dirette entro una soluzione di solfato di rame valgono a ridurre il metallo disciolto e a plasmarlo sulla superficie di altri metalli non che dello stesso carbone; avvertì quindi la singolare efficacia elettro-chimica esercitata sulla detta soluzione dà un solo arco di due corpi conduttori dissimili, fino al punto di avvisare che qualora un simile arco composto di laminette di zinco, ed altra di carbone, s'immerge nella soluzione di solfato di rame, il carbone stesso si copre di rame rosso, il quale si fa brillante col brunitoio; nel qual proposito ne sembra perciò opportuno il riconoscere, che la galvanoplastica dei bassi rilievi in rame è

appunto fondata sulla accennata proprietà delle correnti elettriche dirette entro la soluzione del solfato di rame e sulla felice idea del *Jacobi* di operare mercè conveniente elettromotore per raccogliere entro predispote acconce forme il metallo ridotto e plasmato.

La discorsa proprietà ed efficacia elettro-chimica e metallizzante delle correnti Voltaiche fu inoltre considerata dal *Brugnatelli* in ordine alle soluzioni composte di più metalli, alla simultanea riduzione dei metalli stessi, alla loro precipitazione in istato di particolari leghe. L' esimio chimico di Pavia cominciò in proposito dall' osservare, che quando entro vase di vetro s' immerge un metallo, per esempio zingo, nella soluzione di altro metallo, per esempio nitrato d' argento, all' atto che comincia a ripristinarsi l'argento si scioglie lo zinco. poi si ripristinano ambi i metalli sciolti precipitandosi insieme in una massa fioccosa, che raccolta ed esaminata si riscontra una particolare lega di argento e di zinco; così pure avvertì che nella soluzione di solfato di rame, una lastra di zinco precipita in sulle prime il rame puro e rosso, quindi sciogliendosi lo zinco si ripristinano ambedue i metalli sotto forma di una muffa bruna, la quale raccolta sulla carta sugante e fatta seccare offre soffregata al brunitoio, una lega di rame e zinco ossia un elegante similoro; per altre non poche analoghe osservazioni riconobbe alla perfine, che assai agevolmente si ottengono varie consimili leghe, specialmente col miscuglio delle soluzioni di più metalli entro cui s' immergano archi o coppie elettromotrici capaci di ripristinare metalli sciolti. Stante le quali osservazioni ed esperienze elettro-chimiche il *Brugnatelli* fu condotto a riconoscere particolari leghe non ottenibili eziandio per mezzo della fusione ignea, oltremodo variabili nelle proporzioni dei rispettivi componenti metallici: maniere di osservazioni e di esperienze che il chimico di Pavia sostenne altresì e svolse vie più contro le obbiezioni di un

illustre scienziato G. L., e che alla perfine sono state esse pure, per consimili vie, riprodotte e riconfermate dietro le recenti osservazioni ed esperienze specialmente relative alle elettroleghe di oro e di rame, di argento e di rame, di stagno e di rame.

Ora, discusse queste notizie istoriche, nello studio elettrochimico de' corpi, col *Becquerel* parleremo dell' ossigeno dapprima, il dominio del quale è generale; appresso dei metalloidi semplici e composti, degli ossidi e degli acidi, che risultano dalla loro combinazione, ecc. Noi non possiamo nel nostro esame estenderci a tutti i corpi conosciuti; e siamo obbligati ad attenerci ai principii i più generali.

I. *Ossigeno ed idrogeno.* Compiendo il circolo di un elettromotore con un voltametro si ha sviluppo, come altrove abbiamo detto, di ossigeno al polo positivo o all' anodo, e di idrogeno al polo negativo o al catodo, nella proporzione in volume di uno di ossigeno e di due d' idrogeno. L' idrogeno si può avere più prontamente dall' acqua che contenga in soluzione del protosolfato di ferro, come imaginò *Edmond Becquerel.* L' affinità dell' ossigeno dell' acqua per il protossido di ferro aiuta la decomposizione elettro-chimica, e l' idrogeno si sviluppa nell' atto che si forma il persolfato di ferro. L' idrogeno si combina coll' ossigeno nell' eudiometro di *Volta*, o di *Gay-Lussac* o di *Mitscherlich* (*Fig.* 98) col mezzo della scintilla elettrica, allorchè sono mescolati nel rapporto in volumi di due del primo e di uno del secondo. A questo effetto si riempie l' apparato di mercurio o d' acqua nella tinozza pneumato-chimica e vi si introducono i gas, dopo averli misurati esattissimamente in un tubo graduato. Si fa attraversare in seguito il miscuglio da una scintilla elettrica proveniente o da una scarica della bottiglia di Leida o da un elettroforo; nasce una detonazione per la combinazione dei due gas, e la formazione del vapor acqueo e il miscuglio dispare intieramente, allorchè i due gas sono puri. Se nel miscuglio vi è un eccesso

di idrogeno o di ossigeno, lo si trova dopo la detonazione. Se ne determina la quantità, facendolo passare in un tubo graduato. Nell'analisi dei gas col mezzo dell'eudiometro e della scintilla elettrica, bisogna raccogliere, colla maggiore diligenza possibile, i residui gazosi e tener conto della pressione atmosferica e della temperatura.

Debbo notare che l'acqua chimicamente pura non si decompone, perchè è imperfettissima conduttrice della elettricità, come ha verificato il *Davy*, il quale inoltre osservò, che infusevi delle sostanze organiche od azotate, era pronta la decomposizione coll'ammoniaca al polo negativo, e l'acido nitrico al polo positivo per la reazione degli elementi dell'acqua sui principii costituenti queste materie. Parimente il *Davy* riconfermò la decomposizione dell'acqua racchiusa in vasi di vetro colla soda al polo negativo, e il cloro al polo positivo, proveniente senza dubbio dal sal marino, che in alcuni casi s'impiega come fondente nella fabbricazione del vetro. Il biossido d'idrogeno o l'acqua ossigenata è interessante a studiarsi elettro-chimicamente per la facilità dello sviluppo degli effetti elettrici all'atto della sua decomposizione.

II. *Boro. Davy* l'ottenne dall'acido borico al polo negativo di un elettromotore composto di 500 coppie, sotto l'aspetto di una materia bruno-olivastra, che aumentando successivamente in grossezza, prendeva una tinta nera.

III. *Silicio. Becquerel* col processo elettro-chimico l'ottenne puro pel primo sopra una lamina di platino al polo negativo da una dissoluzione satura di silice nell'acido cloridrico di commercio, che contiene sempre una piccola quantità di ferro. L'apparato fu un tubo di vetro ricurvo (*Fig.* 99), come la lettera U del diametro di cinque millimetri, della lunghezza di un decimetro, al fondo del quale s'introduce dell'argilla umettata di una leggiera soluzione di sal marino. In uno dei due bracci si versa

una soluzione di sal marino e nell' altro la dissoluzione di silice da decomporsi. In questa s' immerge una lamina di platino, e una lamina di zinco si tuffa nel braccio contenente l' acqua salata. Si compie il circolo con un filo di platino avendo l' avvertenza, che il filo di platino non tocchi la soluzione salata: il che non avverrebbe senza perdita elettrica. Tosto si produce una corrente e la lamina di platino è l' elettrodo negativo. Essa a poco a poco si ricopre di lamine cristalline, che hanno un brillante splendore: quelle che si formano al principio sono una lega di silicio e di ferro proveniente dall' acido impuro. La piccola quantità di ferro che si trova in quest' acido, è necessaria per incominciare l' azione. Ecco come *Becquerel* rende ragione di questa decomposizione. Per l' azione chimica della corrente elettrica, l' acido cloridrico è decomposto, l' idrogeno allo stato nascente, trovandosi a contatto della lamina di platino, aiuta potentemente la riduzione della silice; il cloro dell' acido idroclorico, trasportandosi sullo zinco, aumenta l' energia della chimica azione e per conseguente quella della corrente.

Golding Bird appresso ottenne il silicio da una dissoluzione di fluoruro di silicio nell' alcoole, facendo passare una corrente di gas fluorico silicato nell' alcool rettificato, ed usando un elemento a forza costante. La dissoluzione di silice, nella quale si trova la lamina negativa è contenuta in un tubo di vetro (*Fig.* 100) chiuso al basso da un diaframma di gesso ed immerso in una debole soluzione di acqua salata contenuta in un gran vaso, in cui si trova immersa una lamina di zinco. Il circolo si compie tra le due lamine e l' apparato Voltaico semplice col mezzo di fili metallici. Il silicio appare sotto forma di lamine cristallizzate che conservano il loro splendore sotto l' influenza della corrente, ma al momento ch' essa cessa o che sono esposte all' aria, si trasformano in silice. I cristalli di silicio si conservano brillanti nell' acido cloridrico concentrato e in una

campana, nella quale sia stato fatto il vuoto, ed introdotti alcuni frammenti di potassio e chiusa ermeticamente al dardo della fiamma.

Per ugual modo si procede nell'elettrosi degli altri corpi. Qui ora osserverò che la sentenza di *Grotthuss* da me riferita alla pag. 268 della Prima Parte dell'elettricità, mi pare essere sostenuta dalle esperienze ch'io feci all'I. R. Istituto Veneto nella pubblica seduta del 21 luglio, 1844. Nelle chimiche decomposizioni dell'ioduro e bromuro di potassio, i colori dello iodio e bromo apparirono solo al polo positivo, e il potassio sotto l'aspetto di polvere bianchissima al polo negativo. In tutti i punti intermedj il ioduro e bromuro di potassio apparve inalterato (1).

IV. *Metalloïdi composti.* Fra i molti metalloidi, che ci fornisce la chimica, noi non arrecheremo che alcuni esempi principali. Sopra i carburi idrogenati si opera colla scintilla elettrica in un eudiometro a mercurio. Col protocarburo o l'idrogeno protocarburato nella proporzione in volume di uno con due e un quarto di gas ossigeno; col bicarburo o l'idrogeno bicarbonato nella proporzione in volume di uno e cinque di ossigeno. In questa esperienza si forma dell'acqua che si condensa, e del gas acido carbonico che resta frammischiato all'eccesso d'ossigeno. Il gas ossido carbonico non è decomponibile nè per un'alta temperatura nè per la elettricità; e il gas acido carbonico, per l'azione di una serie di scintille elettriche, si cangia in ossigeno e in gas ossido di carbonio, mentre dalle piante per l'azione della luce è intieramente decomposto. Così parimente

(1) *Zantedeschi, Del trasporto di materia pesante nelle due opposte correnti dell' apparato Voltiano, della loro natura e del moto vorticoso o a spirale dell'arco luminoso*, *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto B. V e VI*, 1844.

la scintilla elettrica opera in determinate proporzioni sui solfuri d' idrogeno e di carbonio: sull' ossigeno e sull' azoto nella proporzione in volume di sette del primo e tre del secondo, producendo l' acido nitrico. Quest' acido fu ritrovato da *Liebig* in tutte le acque di pioggia cadute in tempi procellosi. L' acido fosforico vetrificato e leggermente umettato con acqua e sottoposto all' azion della Pila con due fili di platino, si decompone, l'ossigeno si riduce al polo positivo e il fosforo al polo negativo. L'acido solforico concentrato sottoposto all'azione di una corrente energica con lamine di platino, si decompone, lo zolfo si deposita al polo negativo, mentre l'elettrodo positivo si colora in bruno, indizio della produzione del solfato di platino, che risulta dalla combinazione dell' ossigeno proveniente dalla disossigenazione dello zolfo e dell' acido solforico ambiente col platino. Secondo *Becquerel*, l' acido solforico si decompone col suo apparato semplice di sopra ricordato. Quest' acido nelle decomposizioni elettro-chimiche ha la proprietà di scacciare tutti gli altri acidi, che si riducono al polo positivo, quando egli stesso vi si trova trasportato; ma per questo è necessario che la corrente non sia troppo forte da vincere l' affinità di tutte le sostanze sottoposte alla decomposizione. Il protossido di azoto nella proporzione in volume di uno a due coll' idrogeno nell' eudiometro a mercurio colla scintilla elettrica detona, e si ha un residuo gazoso composto di un volume d'idrogeno e di un volume di azoto. Il biossido di azoto o gas nitroso per l' azione della scintilla elettrica si decompone e si trasforma in azoto ed acido nitrico; mescolato all' idrogeno ed esposto all' azione del platino spugnoso di fresco preparato, si trasforma a poco a poco in acqua ed ammoniaca. Cinque parti di questo gas mescolate a quattro parti di gas ammoniacale s' infiammano con detonazione nell' eudiometro mediante la scintilla elettrica.

Fra le basi salificabili metalloidee, ricorderemo

l'ammoniaca o l'azoturo di idrogeno. È molto importante di conoscere gli ossidi metallici, che sono solubili nell'ammoniaca liquida, perchè le dissoluzioni che ne risultano, sono di un uso frequente nell'elettro-chimica. Si annoverano tredici ossidi solubili nell'ammoniaca liquida, soprattutto allo stato d'idrati: cioè l'ossido di zinco, l'ossido di cadmio, il protossido e il biossido di rame, l'ossido di argento, che sono solubilissimi, l'ossido di telluro, i protossidi di nickel, cobalto e ferro, il biossido di stagno, il biossido di mercurio, il tritossido d'oro e il biossido di platino. Il gas ammoniacale è decomposto dalle scintille elettriche; e in natura, secondo *Becquerel, vi ha formazione spontanea di ammoniaca tutte le volte che l'acqua è decomposta in presenza dell'aria, e che si trovano dei corpi capaci di far ufficio di coppie Voltiane.* Questo principio si presta egregiamente a tutte le circostanze delle azioni elettro-chimiche, nelle quali si genera l'ammoniaca. Nella ruggine de' ferri delle nostre abitazioni si racchiude dell'ammoniaca, come comprovò *Vauquelin*; e così pure negli ossidi di ferro dissotterrati, come riconobbe *Boussaingault.* Ora nell'istante che il ferro incomincia ad ossidarsi, l'ossido formato e il metallo coll'umidità che aderisce all'uno e all'altro, costituiscono una coppia capace di decompor l'acqua; l'ossigeno si porta sul metallo e lo ossida, e l'idrogeno si porta sull'ossido e reagisce sulle materie organiche assorbite, e ne risulta dell'ammoniaca.

V. *Metalli. Becquerel* divide i metalli in tre sezioni: I. *metalli elettro-positivi, gli ossidi dei quali formano gli alcali e le terre*: potassio, sodio, litio, bario, strontio, calcio, magnesio, alluminio, glucio, itrio, zirconio, torio: II. *metalli elettro-negativi, che formano a preferenza degli acidi coll' ossigeno: tel*luro, arsenico, cromo, vanadio, molibdeno, tungsteno, antimonio, tantalo, titanio: III. *metalli elettro-positivi, che fanno da elemento elettro-positivo, nelle combinazioni saline:* oro, osmio platino, palladio,

rodio, argento, mercurio, rame, urano, bismuto, stagno, piombo, cadmio, zinco, nickel, cobalto, ferro, manganese, cerio.

Becquerel col mezzo di apparati semplici giunse ad avere cristallizzati tutti i metalli: l' azione elettrica era lenta e continua, e pei metalli delle terre, che resistono all'azione decomponente delle correnti le più energiche, alla forza elettrica fece concorrere quella dell' affinità. Egli giunse a separare l'oro dalle dissoluzioni che contenevano del rame, del ferro, e del piombo; e stabilì i principj di una elettro-metallurgia propriamente detta, che dee essere sostituita agli antichi metodi, come crediamo fermamente colla scorta dei principj scientifici.

ARTICOLO II.

§ 195. *Delle leggi che presiedono alla decomposizione elettro-chimica de' corpi.*

Edmond Becquerel, con numerose esperienze venne a scoprire gli errori ne' quali cadettero *Faraday* e *Matteucci* intorno alle leggi della elettro-chimica, e a determinare le seguenti, che sono della più alta importanza. Le esperienze furono istituite sui cloruri metallici, sui protocloruri, sui percloruri, ioduri e bromuri, dalle quali ha raccolto: *che allorquando un cloruro, un ioduro, ed un bromuro metallico è decomposto direttamente per l' azione di una corrente, la decomposizione si fa sempre in proporzioni definite, in modo che per un equivalente di elettricità; che passa nella combinazione, si trasporta sempre un equivalente di un elemento al polo positivo, e la quantità corrispondente di base al polo negativo.*

Avendo appresso il *Becquerel* estese le sue esperienze ad altre sostanze, meno le combinazioni degli ossidi, che non si prestano ugualmente bene all' azione decomponente dell' elettricità, ha potuto veri-

ficare che la legge suddetta può essere generalizzata a questo modo: *allorchè una corrente elettrica attraversa due o più combinazioni chimiche binarie, disposte separatamente nel circolo voltaico, la decomposizione si fa sempre in proporzioni definite, in modo che per un equivalente di elettricità, un equivalente chimico del corpo, che funziona come acido od elemento elettro-negativo in ciascun composto, si porta al polo positivo.*

Ma qual legge avrà a stabilirsi, allorchè un miscuglio di due o più composti è attraversato dalla corrente elettrica?

La risposta, dice *Becquerel*, è facile, e la si trova nelle varie esperienze de' fisici. Si conosce in fatti, che un miscuglio di due sali metallici, essendo stato decomposto elettro-chimicamente, al polo positivo si depositarono le quantità in peso de' metalli espresse da n ed n', in modo che si ebbe

$\frac{n}{e} + \frac{n'}{e'} = \frac{m}{E}$; dove e ed e' esprimono gli equivalenti dei due metalli; ed m ed E il peso e l' equivalente del metallo pricipitato al polo negativo in una soluzione attraversata dalla corrente.

Questo risultato può essere espresso nel modo seguente: *allorchè una corrente elettrica attraversa simultaneamente una combinazione chimica binaria e un miscuglio di due o più combinazioni chimiche binarie, e che queste sono decomposte insieme dalla corrente, la decomposizione si fa sempre in proporzioni definite, in modo che la somma dei quozienti ottenuti, dividendo il peso dell' elemento elettro-negativo trasportato al polo positivo nel miscuglio, pei loro equivalenti chimici rispettivi è sempre uguale al quoziente del peso dell' elemento elettro-negativo trasportato al polo pòsitivo, nella sola combinazione binaria, pel suo equivalente chimico.*

Vuolsi bene avvertire che non è possibile, nello stato attuale della scienza, verificare direttamente le

due leggi esposte in tutte le combinazioni che ci presenta la chimica, perchè diverse non sono conduttrici; e la conducibilità, se non è sempre, come vogliono *Faraday* ed i *Becquerel*, è certo che intimamente sono legate col potere decomponente elettro-chimico.

Finalmente *Edmond Becquerel* spingendo innanzi le sue ricerche sulle combinazioni ternarie e quaternarie, come ai sali, ha potuto assicurarsi che la decomposizione ha sempre luogo in proporzioni definite, in modo che un equivalente di acido si porta al polo positivo, e la quantità corrispondente di base al polo negativo. Se questo sale è sciolto nell'acqua, si possono presentare tre casi: I. O il sale solo è decomposto, ed ha luogo la legge precedente; II. O l'acqua sola è decomposta, e allora il metallo si riduce al polo negativo per un effetto secondario: III. O l'acqua e il sale sono insieme decomposti in proporzioni differenti, e allora le due leggi si osservano simultaneamente, e le quantità di materia deposta dipendono dal rapporto delle quantità del sale e dell'acqua decomposta.

Infine se il sale sommesso all'esperienza è un sale a base di un metallo alcalino, si ottiene al polo negativo uno sviluppo d'idrogeno proveniente dalla decomposizione dell'acqua in virtù dell'azione del metallo sopra questo composto.

Da tutti i fatti fino ad ora recati si raccolgono le seguenti conclusioni, che possono essere così formulate: *allorchè una combinazione binaria o ternaria è sommessa all'azione decomponente della elettricità, e che ella è decomposta, la decomposizione si fa sempre in proporzioni definite; in modo che per un equivalente di elettricità impiegata, un equivalente dell'elemento elettro-negativo od almeno del composto che tien luogo di acido nella combinazione, si porta al polo positivo, e la corrispondente quantità dell'elemento elettro-positivo, o che tien luogo di base, si porta al polo negativo.* Ovvero: *un equivalente di*

una combinazione formata dalla riunione di un equivalente d' acido e di una quantità corrispondente di base, esige sempre un equivalente di elettricità per essere decomposta elettro-chimicamente.

Si deve notare, che qui non si parla che dell' effetto diretto della corrente e che si deve eliminare ogni effetto secondario.

Se egli abbisogna un equivalente di elettricità per decomporre un equivalente di una combinazione qualunque, riferita ad un equivalente d' acido, si può ammettere, soggiunge *Edmond Becquerel*, che se i due elementi elettro-positivo ed elettro-negativo, che formano il composto, sono separati e si ricombinano insieme, per la loro reazione chimica si sviluppi esattamente un equivalente di elettricità. Di qui, riferendosi alla legge di sopra annunziata, si deducono le conclusioni seguenti, che sono importantissime per la chimica:

I. *Allorchè un equivalente di un corpo, sia semplice, sia composto, si combina con uno o più equivalenti di un altro corpo, se il primo è un elemento elettro-negativo o tien luogo di acido nella combinazione, lo sviluppo di elettricità che ne risulta dalla loro azione chimica è tale, che si produce sempre un equivalente di elettricità.*

II. *Se un equivalente di un corpo, come di ossigeno, si è combinato con un altro che tien luogo di base, e che il composto si unisce di nuovo con un equivalente del primo corpo, cioè a dire di ossigeno, per formare un deutosale, egli sviluppa ancora in questa seconda reazione un equivalente di elettricità, come precedentemente.*

Così la quantità di elettrico sviluppato non dipende che dal corpo, che fa ufficio di acido nella combinazione. Tutti i risultati, che ho riferiti e le leggi che ho dedotte, sono indipendenti dallo stato elettrico o non elettrico degli atomi.

Nello stato attuale della scienza non si sa da quale cagione si debba ripetere lo sviluppo della elettricità

nelle chimiche azioni; è una delle questioni le più dilicate e difficili della costituzione molecolare. « Egli è poco probabile che gli atomi sieno elettrici per sè stessi, dice *Becquerel*, perchè non si potrebbe spiegare in questa supposizione come una sostanza che in una combinazione fa ufficio di acido, in altra faccia ufficio di base; ma, checchè ne sia, è un fatto nella scienza e i lavori di mio Padre lo han stabilito; che quando due corpi si combinano o si separano, essi si costituiscono al momento della combinazione o della decomposizione, in stati elettrici differenti; all' atto della combinazione l'elemento acido prende l' elettricità positiva, e all' atto della decomposizione, l' elettricità negativa. Le leggi che ho dedotte dalle decomposizioni elettro-chimiche mostrano adunque che nella combinazione de' corpi, le quantità di elettrico sviluppato sono le stesse per degli equivalenti di elementi acidi uguali. »

Noi siamo ancora lontani dall' ammettere queste illazioni di *Edmond Becquerel* sull'origine della elettricità Voltiana; e solo riconosciamo come un fatto ben dimostrato, che in ogni movimento molecolare vi è sviluppo di elettrico; e che in ogni caso quello deve precedere questo, il quale talvolta si appalesa senza chimica azione, e talvolta è dalla stessa accompagnato, come avviene nell' esercizio della forza espansiva di sostanze semplici e composte, secondo le esperienze del *Fusinieri*. Io arrecherò qui i principali argomenti che stanno a favore della teoria del contatto, e quelli che militano ancora per la teoria chimico-elettrica.

ARTICOLO III.

§ 196. *Degli argomenti a favore della teoria del contatto.*

I. Il *Marianini* con numerose esperienze ha comprovato, che fatti pescare i due elementi di una coppia nello stesso liquido, il metallo meno intaccato è positivo rispetto all' altro. Il rame accoppiato al ferro, egli dice, ed immerso nell' ammoniaca vedesi elettrizzato negativamente nel primo istante dell'immersione. Lo stesso rame s' investe pure di elettricità negativa accoppiato allo stagno ed al piombo, ed immersa la coppia nello stesso liquido. Eppure il rame è più intaccato, che non sono gli altri due metalli dall' ammoniaca.

« Negli acidi nitrico e solforico allungati o concentrati non sono forse più intaccati il rame ed il ferro che lo stagno ed il piombo? Eppure sì il rame che il ferro si elettrizza negativamente, quando viene immerso nei detti liquidi accoppiato allo stagno o al piombo.

« L'acido solforico allungato da dugento parti di acqua intacca meno il cobalto, che non il rame, l'antimonio lustro e l'antimonio un po'ossidato, il quale immerso nel detto acido promuove persino effervescenza; ma le coppie di cobalto e rame, di cobalto e antimonio immerse in questo acido mostrano sempre il cobalto negativo.

« L' antimonio lustro, il cobalto, il bismuto, il niccolo, lo stagno ed il piombo sono tutti meno intaccati dall' acido acetico che non è il rame; eppure sono tutti positivi quando accoppiati al rame vengono immersi nel detto acido. »

Da tutti questi fatti e da altri molti, che arreca il *Marianini*, appare manifesta la falsità della sentenza di *De la Rive* che vuole che il metallo, sul quale l' azion chimica del liquido è più viva, sia sempre positivo rispetto all' altro.

II. Il *Marianini* comprovò che la tensione elettrica è indipendente dalla differenza delle chimiche azioni, che vengono esercitate sui due elettromotori. In fatti egli vide che due Pile di otto coppie avevano tensione uguale, sebbene una fosse montata con acqua distillata, e l'altra con acido solforico allungato.

III. Il *Marianini* in varj suoi scritti comprovò, che le alternative di conduttori umidi e metallici scemano bensì la quantità di elettricità, che in un dato tempo scorre nell'apparato Voltiano, e che la forza decomponente diminuisce all'infievolirsi della conducibilità della Pila; ma non così la tensione che rimane inalterata. Solo si ricerca un tempo maggiore, perchè sorga al medesimo grado, come aveva ancora riferito il *Volta* in varj suoi scritti. Anche il sig. professore *Zamboni* sostenne la teoria Voltiana con argomenti ricavati dalle sue Pile, ne'quali comprova che l'elettrico precipuamente si sviluppa nei punti di contatto dei metalli eterogenei. In una esperienza ripetuta più volte coll'elettrometro armato di condensatore, ha trovato appena percettibile la sola tensione dell'umido della mano col perossido di manganese; e per converso molto cospicua quella del platino col perossido suddetto da dover attribuire la massima parte al contatto di questi due metalli. Ma per togliere ogni dubbio ha soppressa affatto l'azione chimica dell'umido col perossido, e vide la tensione svilupparsi pel solo contatto di questo col platino. A tal uopo ha collocato sul piattello del condensatore una laminetta di legno, e sopra questa il perossido ben disseccato; indi presa fra le dita l'estremità del platino, ha portata l'altra a toccare il perossido, e la tensione fu tanto negativa quanto era positiva, mettendo il platino sotto il perossido e toccando questo con altro legno. Di più vide l'effetto del contatto fra i due secchi superare quello dell'azion chimica dell'umido col perossido. Stia questo sulla laminetta di legno collocata sul condensatore, ed

umettata leggermente con acqua anche un po' acidulata l' estremità superiore del perossido, sia questa toccata dal platino tenuto fra le dita: la tensione si mostra ancor negativa, cioè il perossido anche un po' umettato cede elettrico al platino più di quello che riceve dall' umido. In altre esperienze il *Zamboni* soppresse il contatto metallico, interponendo fra i due metalli d' ogni coppia un quadretto di carta, lasciando intatta l' azion chimica dell' umido co' metalli, e vide che la tensione illanguidiva a segno da dover riconoscere ancor qui l'azione chimica inferiore di gran lunga al contatto metallico nell'eccitare l' elettrico. Una Pila di dieci coppie di rame e piombo abbia i suoi panni umettati di acido solforico allungatissimo, ma umettati soltanto quanto basta per aver dalla Pila oltre la tensione, anco gli effetti chimici e fisiologici. Sopra ogni panno mettasi un cartone e sia questo tanto grosso che non possa tutto imbeversi della umidità acida del panno, durante l' esperienza. Per l' aggiunta di tal cartone cesseranno affatto gli effetti chimici e fisiologici, ma non già la tensioue, che sebbene assai tarda, sarà però uguale a quella che si aveva prima senza il cartone. Pertanto in questa Pila vi è il contatto del rame col piombo e vi è pure l' azion chimica dell' umidità acida coi metalli; e per decidere se questa tensione provenga o da quel contatto metallico, o da questa azion chimica, tolgasi il contatto metallico, mettendo un foglietto di carta fra il piombo ed il rame d' ogni coppia e levati via i cartoni, svanirà quasi affatto la tensione. Adunque essa è dovuta principalmente al contatto metallico. Rese poi il sig. Prof. più evidente la cosa, adoperando in luogo del cartone un mazzetto di otto o dieci carte grosse, tante cioè che le più lontane del panno sottoposto, non potessero senza alcun dubbio ricevere umidità dal panno, ma conservassero unicamente l' umido loro naturale. Egli vide ugualmente, posto il contatto metallico, svilupparsi intieramente la tensione, e poi

svanire levando via il mazzetto, e messa la carta sottile fra i due metalli: sarà mai questa sola più resistente, conchiude a diritto il *Zamboni*, all'elettrico di quel mazzetto?

Ma veniamo alle Pile di carte d'oro e d'argento del sig. prof. *Zamboni*.

I. Sienvi due pilette, una di sola carta d'oro col metallo positivo e negativa la carta, ed abbia ascendente la corrente elettrica tenendo le sue facce metalliche rivolte all'insù. L'altra piletta di sola carta d'argento col metallo negativo e positiva la carta, abbia pure ascendente la corrente elettrica, tenendo le sue facce metalliche rivolte all'ingiù. Sieno le due pilette uguali in tensione, il che si ottien facilmente aggiungendo qualche quadretto a quella che l'avesse minore. Fatto ciò, si soprapponga la piletta di carta di argento colle sue facce metalliche rivolte all'ingiù su quella di carta d'oro, che le tien sempre rivolte all'insù; e si avrà una sola Pila colla tension positiva raddoppiata alla sua cima. Indi coi quadretti della piletta di carta d'argento, e con altrettanti di quelli di carta d'oro si componga la Pila ordinaria mettendo in contatto fra loro i due metalli, e tenendo sempre le carte d'oro la lor faccia metallica all'insù ed all'ingiù le carte di argento. La tension positiva alla cima della Pila così composta si troverà cresciuta assai più del doppio di quella che aveva prima ogni piletta senza contatti metallici.

II. Sia come prima, una piletta di sole carte d'oro col metallo positivo rivolto all'insù, ed altra di sole carte d'argento col metallo pur positivo, ma rivolto all'ingiù; e sieno uguali le due Pile nel grado di tensione. Essendo nella piletta di carte d'oro ascendente l'elettrico e discendente nell'altra di carte di argento, se questa a quella si sovrapponga, si troverà affatto nulla la tensione alla cima della Pila così composta dalle due. Ma se coi quadretti della piletta di carta d'argento sempre colle loro facce metalliche rivolte all'ingiù e con altrettante di quella

carta d'oro, che le tien sempre rivolte all' insù, si formi la Pila coi contatti metallici, ecco dispiegarsi alla cima di questa Pila una tensión positiva anche questa maggiore del doppio di quella d'ogni piletta senza contatti metallici.

III. La Piletta di carta d' oro abbia negative le facce metalliche rivolte all' insù, e quella di carta d'argento le abbia positive rivolte all' ingiù. Il polo superiore in ciascuna Piletta sarà dunque negativo e sovrapposta quella di carta d'argento sull' altra di carta d' oro, il polo superiore della Pila così composta sarà pur negativo con tensione uguale alla somma delle due tensioni delle Pilette; cioè le azioni chimiche sono tutte cospiranti nel produrre correnti elettriche discendenti. Si uniscano adesso i quadretti della carta d' oro con altrettanti di carta d' argento mettendo in contatto fra loro i due metalli, e conservando nei primi le facce metalliche all' insù ed all' ingiù nei secondi. Tutte le azioni chimiche si mantengono ancora cospiranti nel produrre elettrico discendente; ma eccoti invece la tensione di questo polo divenir positiva e maggior delle due negative che aveano prima le due Pilette senza contatti metallici. Ecco il rame a contatto dello stagno produrre una corrente elettrica ascendente, cioè contraria a quella di tutte le azioni chimiche e sì prevalente, che il solo eccesso sorpassa in tensione la somma di queste.

A codesti argomenti del *Marianini* e del *Zamboni* aggiungerò ancora i seguenti:

I. Secondo le osservazioni di *Becquerel*, una lastra di ferro polito immersa in acqua alcalizzata si elettrizza negativamente, e l'acqua si elettrizza positivamente, ancorchè il lucido polimento della lamina di ferro non patisca la minima alterazione, neppure in capo a diciotto mesi: ciò che esclude ogni idea di chimica reazione sensibile.

II. *Davy* ha osservato, che una lamina polita di zinco in contatto della superficie di mercurio ben

secco, si elettrizza positivamente; ma se ella è molto riscaldata da amalgamarsi col mercurio, non si manifesta traccia di elettricità; in modo che l'elettricità dei due corpi eterogenei in contatto cessa al momento della loro combinazione.

III. *Pfaff*, professore a Kiel, ha dimostrato che nel vuoto pneumatico e ben secco, due metalli eterogenei, privati d'ogni corpo che possa in un modo sensibile agire chimicamente, messi a mutuo contatto si elettrizzano tuttavia in senso contrario. Lo stesso professore ha dimostrato che in un gas qualunque secco od umido, il risultato elettrico è sempre lo stesso; d'onde conchiuse a ragione che il solo contatto dei metalli di natura differente debba essere una causa produttrice l'elettricità, come l'azione chimica. L'esperimento del *Pfaff* venne ripetuto col più felice successo anche dal prof. *Marianini*. La pressione residua non era che di due linee, ed una sufficiente quantità di potassa caustica fu collocata sotto il recipiente per togliere l'umidità, e la tensione fu sempre di otto a nove gradi. Il *Marianini* costruì pure una bottiglia di Leida con armature dissimili, la quale col semplice contatto si carica da sè stessa.

IV. Si prenda un elemento di rame e zinco della superficie da due a tre piedi quadrati disposto secondo il sistema di *Hare*, montato con acqua acidulata in cui sia amalgamato lo zinco. Secondo le osservazioni di *Faraday*, l'acqua acidulata non intacca lo zinco amalgamato, e non ostante al chiudersi e all'aprirsi del circolo si ha una bella scintilla, che non si avrebbe collo zinco ordinario, che viene fortemente intaccato dall'acqua acidulata. Da questo si può conchiudere, che il semplice contatto di un liquido acido coi metalli, avanti che sieno intaccati sensibilmente, sviluppa una quantità considerabile di elettrico. Non debbo ommettere di far osservare, che dopo *De la Rive Daniell* ebbe ad avvertire, che lo zinco amalgamato è attaccato dall'acqua acidulata

allorchè è solo, ma che il gas idrogeno vi aderisce con tanta forza sotto forma di picciolissime bolle, che l'azion chimica rimane arrestata. Questa osservazione non infievolisce minimamente le conseguenze dedotte, perchè lo sviluppo della elettricità supposta prodotta dalla chimica azione passeggiera deve arrestarsi o svanire con quella; in modo che in capo ad un dato tempo l'azione chimica avendo cessato, lo zinco amalgamato non potrà più produrre effetti elettrici, e frattanto ogni qualvolta si chiude il circuito, una scintilla si slancia, e con quella incomincia l'azione chimica dell'acqua acidulata.

Di più, come osserva *Poggendorff*, lo stesso zinco di fresco amalgamato non prova alcuna chimica azione nella soluzione di sal neutro, quale è il sal comune, il sale di glaubero, il salnitro, ecc. soprattutto quando sia stata privata d'aria; ma come vi ha contatto con altro metallo, si manifesta tosto una corrente energica maggiore di quella dello zinco non amalgamato, che si discioglie con effervescenza nell'acido. Lo stesso zinco non amalgamato, allorchè la sua superficie è al tutto metallica e ben polita di fresco, ha poca disposizione all'ossidazione in queste soluzioni saline senz'aria, e il suo splendore metallico si conserva per più giorni. Il cadmio, il ferro, ecc. presentano lo stesso fenomeno, e non ostante ha luogo una forte corrente come si mette in rapporto con un metallo negativo.

ARTICOLO IV.

§ 197. *Degli argomenti a favore della teoria chimico-elettrica.*

I. *Faraday* ha dimostrato che la quantità di acqua decomposta, sia nell'interno di uno dei truogoli della Pila, sia all'esterno, è equivalente all'ossido di zinco formato in ciascun truogolo. Donde dedusse che la corrente prodotta da una data combinazione

chimica produce una decomposizione equivalente chimicamente alla combinazione, dalla quale suppone trar origine l' elettrico.

II. *De la Rive*, osserva, che una coppia di platino e d' oro immersa nell' acido nitrico puro non produce corrente alcuna; ma ove si aggiunga una gocciola di acido cloridrico, che rende l' oro attaccabile dal liquido acidulato, si manifesta una corrente elettrica.

III. Il ferro ed il platino accoppiati nella potassa caustica, forniscono una corrente estremamente debole.

È sopra di questi fatti, che, *De la Rive* e *Faraday*, si sono principalmente fondati a stabilire la loro teoria chimico-elettrica: fatti che furono ultimamente moltiplicati dal fisico inglese, e che li risguarda come ostacoli insuperabili all'ammissione della teoria del contatto. Entrambi suppongono, che due metalli molto distanti fra di loro sotto il rapporto della tensione, debbano sviluppare in qualsivoglia liquido una forza corrispondente a questa distanza.

Ma nessuno degli argomenti arrecati parve decisivo nè ai difensori della teoria chimico-elettrica, nè a quelli del contatto.

A dir vero, all' argomento degli equivalenti chimici è facile rispondere essere di nessun peso. In ogni Pila in attività la corrente interna uguaglia precisamente nell' intensità la corrente esterna. Il liquido in ciascun truogolo deve adunque per la corrente che lo attraversa, provare un'azione decomponente simile a quella che patisce il liquido collocato fra i poli, e l' ossidazione dello zinco subordinata alla decomposizione dell' acqua collocata entro gli elementi metallici della Pila, deve essere esattamente in rapporto colla quantità del liquido decomposto fra i poli. Questa ossidazione sarà adunque proporzionale all' intensità della corrente; perchè lo stesso *Faraday* ha comprovato, che la quantità di sostanza decomposta da una Pila, è in ragione della

quantità elettrica che costituisce la corrente. Non vi è adunque meraviglia che la corrente elettrica, che è la stessa all'interno ed all'esterno della Pila, produca in qualsivoglia parte del suo circuito i medesimi effetti; di modo che la corrispondenza di azione elettro-chimica all'interno ed all'esterno di una Pila, non prova minimamente che la corrente stabilita fra i poli sia un risultato della ossidazione dello zinco. Tutto tende, al contrario, a stabilire che l'azion chimica nell'interno della Pila non è che un effetto della corrente, in cui ella ha luogo, lungi dall'esserne la causa produttrice. Infatti lo zinco il più intaccabile dai liquidi acidi non è quello che meglio convenga alla costruzione delle Pile e che dia i maggiori effetti elettrici, come di sopra si è esposto. Le Pile a forza costante, e precipuamente quelle di *Grove*, sono una prova luminosa di questo fatto. L'azione chimica degli acidi sullo zinco e sul platino è debolissima, per non dire nulla; e l'effetto elettrico è massimo nel voltametro.

Perciò poi che si riferisce al secondo ed al terzo argomento, i Voltiani osservano, che i metalli eterogenei, costituenti la coppia per l'azione del liquido, si ravvicinano siffattamente nel loro elettrotismo, che messi a contatto non possono sviluppare una corrente sensibile, come ha dimostrato *Martens*. Per rimanere convinti di questo fatto, si prenda una capsula di platino ben netta, vi si versi una soluzione un po'acida di solfato di rame, si tocchi il fondo della capsula con un filo di ferro passivo, e non si avrà al fondo della capsula rame ridotto; e rinnovata l'esperienza con un filo di ferro ordinario o non preparato, il fondo della capsula si trova tosto coperto di rame.

Nel 1841 io pure amai di entrare in questo argomento con nuovi esperimenti. che guidarono alla soluzione di questo problema (1).

---

(1) *Zantedeschi, Esperienze sull'origine dell'elet-*

I. Io presi una lamina di zinco della lunghezza di centimetri 31 $^1/_2$ e dell'altezza di centimetri 11 $^1/_2$, conterminata da due appendici, ciascuna delle quali era lunga 20 centimetri ed alta uno e mezzo. L'avvolsi a spirare in modo, che le parti interne non avessero a toccarsi, e le appendici furono messe in comunicazione metallica coi capi del filo galvanometrico. Immersa la lamina in un vaso di vetro ripieno per quattro quinti di acqua acidulata con acido solforico, ho veduto tosto nascere una effervescenza, e l'ago del galvanometro sviarsi dalla sua posizione naturale da 12° a 20°. Il movimento dell'ago indicò che la corrente elettrica per la via metallica era diretta dal basso all'alto della lamina. Io ho ripetuto questo esperimento con lamine di rame, di piombo e di ferro. Le deviazioni furono di molto minori, per esempio di 3° a 4°; ma ebbero sempre la stessa direzione, cioè sempre indicarono nelle lamine una corrente diretta dal basso all'alto.

II. In due vasi di vetro A, B, il primo dei quali fu riempiuto di una soluzione di solfato di rame, e il secondo d'acqua salata (*Fig.* 101), o d'acqua acidulata con acido solforico, immersi i due capi del filo galvanometrico D C, E F, e mediante una listarella G M H di carta bibula bene imbevuta da ambe le parti M G, M H dei due liquidi, ho compiuto il circolo reometrico: l'ago del moltiplicatore ebbe tosto a sviarsi; ma lasciato trascorrere tutto quel tempo richiesto allo ristabilimento dell'equilibrio, presi una laminetta di zinco larga centimetri 2, lunga centimetri 9 $^1/_2$ e la immersi nel liquido contenuto nel vaso B, che ora era ripieno di acqua salata ed ora di acqua acidulata, come fu detto, mentre il

---

tricità Voltiana e descrizione di un elettromotore, in cui la forza chimico-elettrica è cospirante colla elettromotrice di contatto, I. R. Istituto Veneto, adunanza del giorno 9 agosto, 1841.

vaso A era ripieno della soluzione di solfato di rame, tosto apparve una deviazione nell' ago, che indicava che la corrente entrava pel filo E F, come è indicato dalla freccia: la deviazione era di 4° a 5°; presa altra lamina di zinco tersissima e delle stesse dimensioni della precedente, la immersi nella soluzione del solfato di rame, che tosto si coperse di un velo nerissimo di ossido, ed allorchè essa era poco discosta dalla listarella M G di carta, l'ago si sviava dalla sua posizione di equilibrio di 40 e più gradi, e il suo movimento manifestava, che la corrente era diretta dalla soluzione del solfato di rame all'acqua salata o all' acqua acidulata: portata la laminetta di zinco dal lato del filo D C, ed immersa nel liquido in modo che non avesse a toccare il detto filo, l'ago reometrico tuttavia deviò dalla medesima parte; ma con un numero di gradi molto minore, cioè dai sei agli otto. La lamina di zinco che da principio si copre di uno strato di ossido, appresso si vela di un altro sottilissimo e polverulento di rame: a questo momento le deviazioni dell'ago s' invertono, cioè la corrente elettrica entra pel filo D C ed esce pel filo F E. Questo invertimento della direzione della corrente elettrica, si deve ascrivere alla sopravvenuta circostanza dello strato del rame soprapposto all' ossido di zinco; perchè con altra lamina di zinco pulito si hanno le deviazioni nella direzione primitiva. Essa adunque non fa che l' officio del rame a contatto del liquido, oppure la sua azione ne è prevalente.

Questi fatti impertanto comprovano, che un metallo immerso in un liquido ha virtù di sbilanciare sensibilmente l' elettrico, e più ancora di promuovere una corrente, che ora è diretta in un senso ed ora nell' opposto; avvi adunque una forza che io ho chiamata col prof. *Pohl* di Berlino, *attività polare di chimica azione*, che sorge all' atto in cui si dispiega l' azione del liquido sulla superficie del solido o l' esercizio della materia attenuata del *Fusinieri.*

III. Piegate delle listarelle di zinco e di rame ben pulite a modo della lettera U e disposto l' apparato, come nell' esperienza seconda, e l' ago reometrico in equilibrio, misi l' archetto di zinco a cavalcione dei due bicchieri: tosto l' ago si sviò dalla sua posizione primitiva di 50° a 60°, e il movimento indicava che la corrente era diretta dall' acqua acidulata o salata alla soluzione del solfato di rame; ma dopo un minuto secondo circa, l' ago si portò dal lato opposto di 90 e più gradi; la quale declinazione indicò che la corrente era diretta dalla soluzione del solfato di rame all'acqua acidulata o salata. L'ago si mantenne fermo più volte sui 75°, e dopo qualche ora lo rinvenni ora sui 20 ed ora sui 15 gradi. Sembrerebbe che la prima deviazione fosse un effetto dei due liquidi eterogenei toccanti il metallo omogeneo, e la seconda deviazione un effetto dell' elettrotismo modificato dalla chimica azione, che noi sappiamo non essere istantanea, ma successiva.

Sostituita alla listarella di zinco, una di rame ben tersa e parimente arcuata, l' ago si sviò dai 30 ai 40 gradi, e la deviazione tosto decrebbe da mantenersi solo dai 3 ai 4 gradi dopo un quarto d' ora. Il movimento dell' ago indicava che la corrente moveva dall' acqua acidulata o salata alla soluzione del solfato di rame.

Assicurato della costanza di questi due effetti, rimisi a cavalcione dei due bicchieri contenenti la soluzione del zolfato di rame e l' acqua salata, una listarella di zinco ben tersa ed arcuata, e lasciato trascorrere quel tempo che fu richiesto allo ristabilimento dell'equilibrio dell'ago galvanometrico, avvicinai l' estremità A del filo B C del moltiplicatore alla listarella G X di zinco (*Fig.* 102). Ebbi tutta l' attenzione che in questo movimento rimanesse sempre la stessa parte del filo immersa nel liquido, e l' ago un po' oscillante si manteneva all' incirca nella posizione primitiva; ma come l' estremità A del filo reometrico ebbe a toccare in qualche punto

all' intorno di G la listarella di zinco, la deviazione dell' ago crebbe in modo da giunger talvolta ai 90° e più, mentre da prima era sui 20 ai 30 gradi.

Rimessa l' estremità B A del filo reometrico alla sua posizione primitiva, ed ottenuto l' equilibrio dell' ago, che fu sui 25°, avvicinai l' estremità D del filo reometrico E F alla listarella di zinco X M. Ancor qui ebbi tutta la cura che la porzione del filo immersa nel liquido avesse a rimanere sempre la stessa. L' ago si vide un po' oscillante, ma non si spostò notabilmente dalla sua posizione primitiva. Come l' estremità D giunse a toccare nei dintorni di M la laminetta di zinco, allora subito, come fosse violentemente risospinto, si portò dal lato opposto indicando un tal numero di gradi da non poter essere dall' apparato misurati.

In questi eperimenti l' azione del liquido sul solido tutta intera sussiste, per quanto appare ai sensi, e non vi si aggiugne che il tocco degli eterogenei metalli. Da qui adunque sorge nuova virtù, che ora si accompagna alla prima e ne rinvigorisce gli effetti; ed ora si oppone e ne distrugge i fenomeni, facendone rinascere degli altri, che hanno direzione opposta.

Da questi risultamenti io ebbi a conchiudere che, i corpi messi nella loro sfera reciproca di azione, sorge uno stato di espansione, il quale è la sorgente primitiva di tutti gli sbilanci elettrici. Di questa sentenza veggo essere il celebre *Poggendorff*, che ripete l' origine e continuazione della corrente dai cangiamenti di superficie dei metalli prodotti dall' azione dei liquidi: di questa sentenza è pure *Fechner*, dalla quale non si allontana nemmeno *Schoenbein*, che, dalla forza catalitica di *Berzelius* ripete l' origine della elettricità Voltiana. Nella moltiplicità dei fatti, dice l' illustre prof. di Basilea, bisogna trasceglierne uno che necessariamente guidi ad una sola conclusione. Un fenomeno di questo genere si trova nelle correnti, che sono sviluppate in dati casi per il potere catalitico dei corpi.

Se, per esempio, si combinano Voltaicamente due liquidi conduttori, e si compia il circolo con un corpo conduttore, il quale non influisca nè sull' uno nè sull' altro dei due liquidi, e non eserciti nè una azione chimica ordinaria, nè un' azione catalitica e la Pila sia inattiva; e questa medesima Pila dia origine ad una corrente allorchè si chiude il circolo con una sostanza conduttrice che opera per catalisi in uno dei due liquidi, non dovremo noi conchiudere, che la corrente è dovuta all' azione catalitica? Ora, da alcuni anni lo *Schoenbein* ha mostrato che noi possediamo nell' acqua pura e nella soluzione acquosa di idrogeno due liquidi del genere di quelli di cui noi ragioniamo e che possono fornirci la Pila che ricerchiamo. Chiuso il circolo di questa Pila con oro, argento, rame, non si ha corrente elettrica; ma questa corrente è pronta allorchè si chiude il circolo col platino, che opera in un modo distinto cataliticamente sull' ossigeno e sull'idrogeno, o sull'ossigeno e alcune combinazioni idrogenate, come alcoole ed etere. La corrente che si ottiene con questo metallo e la Pila a idrogeno, non potrà riguardarsi, conchiude, *Schoenbein*, come un *experimentum crucis* a favore della teoria chimica del galvanismo? io abbandono ai fisici imparziali e capaci la decisione di questo problema.

E per rinfrancare questa sentenza viemaggiormente, che ci pare indubitata, arrecheremo che il *Schoenbein* ha osservato che le Pile formate di ossigeno e di azoto, di gas acido carbonico ed ossigeno, non sono attive, come non è attiva quella formata di una soluzione acquosa di azoto, e di una soluzione acquosa di ossigeno messe in comunicazione col mezzo del platino, perchè il platino non esercita un' azione catalitica su simili soluzioni. E siccome il cloro alla presenza del platino si combina all'idrogeno più prontamente e completamente di quello che faccia l' ossigeno, *Schoenbein* propone la Pila gazosa a cloro ed idrogeno, od anche la Pila a so-

luzioni di idrogeno ed ossidi metallici, come di perossidi di piombo e di argento, che tengono luogo del cloro. L'origine adunque della elettricità Voltiana si deve ripetere da un' azione molecolare, da una azione chimica; ma che però non è la comune. Quest' azione non fu mai intraveduta dalla comune dei chimico-elettrici, nè dai sostenitori della teoria del contatto; e per questa ragione si mantenne sempre viva e parlante la questione intorno all' origine della elettricità Voltiana.

CAPO SECONDO

§ 198. *Delle principali applicazioni elettro-chimiche ne' corpi inorganici.*

Varie sono le applicazioni elettro-chimiche che furono fatte a vantaggio delle arti belle ed industriali: io non farò che indicarne le principali, rimettendo per il di più i lettori a quelle opere tecniche che ne trattano in un modo speciale. Dirò impertanto del ricoprimento de' metalli con altri metalli, della elettrografia, della elettrometallocromia, della elettroplastica, della elettroincisione, della elettrotipia, e della metallurgia.

ARTICOLO I.

§ 199. *Del ricoprimento dei metalli con altri metalli.*

Chiunque si mette ad investigare gli originali discoprimenti degli scienziati italiani, viene in chiaro di questo vero, come avverte il *Grimelli*, ch' eglino furono dagli stranieri accolti e con perseverante opera promossi fino ai più utili risultati; nel che si riscontra un ordine ammirabile, pel quale ove più rifulge il genio inventivo, ivi non soccorre il talento della perseveranza; e al minor fulgore del primo

sta quasi a compenso l'insistenza del secondo. Fra le vicende del nostro secolo, la elettrodoratura del *Brugnatelli* fu accolta e ad un tempo sepolta nella *Biblioteca di Campagna*, ossia *Raccolta di Memorie, Osservazioni ed Esperienze Agrarie*, diretta e pubblicata da *Giovanni Battista Gagliardo*, *Milano*, *Tipografia Silvestri*, 1800-1810. Il *Gagliardo*, compagno al *Brugnatelli* nel fervido amore dei relativi prediletti studj scienfici e tecnici, conosciuta l'importanza della scoperta brugnatelliana, si fece sollecito di riferirla sotto l'aspetto artistico e manifatturiero, quale noi ora la riportiamo: *Arti e Manifatture: maniera d' indorare le medaglie ed i fini pezzi di argento col Galvanismo*, *del sig. Brugnatelli P. Professore di chimica della R. Università di Pavia.* Ad una parte di saturato di soluzione d'oro nell' ossiseptomuriato (acido nitromuriatico) si aggiungono sei parti di ammoniaca liquida, nella quale decomposta la dissoluzione, precipita il termossido d'oro (ossido d'oro) ed una porzione di esso tosto lo scioglie formando l'ammoniuro d'oro. Codesto miscuglio si raccoglie in un recipiente di vetro. I lavori che si destinano alla doratura, i quali possono essere anche finissimi, si attaccano bene ad un filo di acciajo o di argento, che poi si mette in comunicazione col polo negativo di una buona Pila Voltiana. Il pezzo di argento da indorare deve essere intieramente immerso nel liquido contenente l'ammoniuro d'oro. La catena galvanica si chiude per mezzo di una grossa benda di cartone bagnato, che dall' ammoniuro passa al polo positivo della Pila. Dopo alcune ore di galvanismo, l'argento si trova ottimamente indorato. Il colore dell'oro si avviva coi mezzi conosciutti, e così lo splendore si rende vivacissimo colla spazzola dei doratori.

Questo preciso metodo di elettro-doratura è stato riconfermato appieno ed esteso a più larghi confini dall' esimio professore *Grimelli*, il quale avendo ravvisato nel processo del *Brugnatelli* l'impiego

di molto oro ed il conseguimento di poco liquido aurifero, mise a profitto il copioso ammoniuro di oro, che resta indissolubile precipitato nell' aggiungere l' ammoniaca liquida nell' acqua regia. A tale scopo egli sciolse il precipitato nella pura soluzione acquosa di pretto cianuro potassico, con le approssimative proporzioni in peso di uno a due d' ammoniuro d' oro, otto a dodici di cianuro potassico, cento e più d' acqua pura all' ordinaria temperatura o ad assai mite calore. L' oggetto prescelto alla doratura basta immergerlo nell' indicata soluzione acquea di ammonio-aurato, di cianuro-potassico al polo negativo e compiere il circolo. Le elettro-dorature, ottenute dal *Grimelli*, riuscirono di tale purezza metallica e di tale forza di aggregazione molecolare da offrire una resistenza ed una eleganza pressochè pari a quelle delle migliori dorature a fuoco.

Comunicati che ebbe il *Grimelli* questi risultamenti all' egregio chimico e professore *Selmi*, questi nell' anno scolastico 1843-1844, pervenuto a discorrere gli argomenti elettro-chimici ed elettro-metallurgici, espose in sulla fine di aprile e sul principio di maggio 1844, come appare dalle sue lettere scritte al *Grimelli*, i suoi risultamenti relativi al mezzo migliore per la soluzione dell' ammoniuro d' oro e per la conseguente doratura: fra i risultamenti dichiarati ed esposti dal *Selmi*, il più interessante fu quello di sciogliere l' ammoniuro d' oro nella soluzione acquosa del cloruro ammoniaco coll' aggiunta di alcune gocce di cianuro ferroso potassico sciolto in acqua; e siccome l' ammoniuro d' oro è male solubile a freddo col cianuro ferroso potassico, così è necessario unire l'ammoniuro d'oro a soluzione bollente del cianuro ferroso potassico, sostenendo il tutto l' ebollizione per circa 10 a 12 minuti, nella qual operazione succede una reazione tra una parte dell' ammoniuro d' oro e una parte del cianuro ferroso, per la quale il liquido si presta

ad elettro-dorature più o meno buone e pregevoli. Anche il *Giorgini* si è occupato di questo argomento. Egli sciolse l' ammoniuro d' oro nell' acqua alcun po' acidulata coll' acido idroclorico, e n' ebbe un liquido che si presta a belle ed eleganti elettro-dorature. Il *Giorgini* inoltre, prevalendosi di questa stessa soluzione, l' unì al cianuro ferroso potassico, e sottoposto il tutto all' ebollizione per dieci minuti circa, n' ebbe un mestruo eccellente all'elettro-dorature, che riuscirono più belle di quelle che si ottengono mediante l' altro liquido risultante dall' unione e dalla ebollizione delle soluzioni di cloruro d' oro e di cianuro ferroso potassico. Dalle quali cose è manifesto, conchiude il *Grimelli*, che l'ammoniuro d'oro entrando a far parte di una soluzione qualsiasi, vale a conferire a simile liquido le più pregevoli qualità opportunissime alle dorature elettriche: riconfermasi quindi, che l' ammoniuro d' oro si riscontra ognora, fra i varj composti aurici, quello che sovra ogni altro meglio si presta alla confezione di liquidi oltremodo acconci alle più belle e pregevoli elettro-dorature.

Conchiudesi ora che il discorso processo di elettro-doratura italiana fu dal professore *Luigi Brugnatelli* discoperto e pubblicato tra il 1802 e il 1805, e dal *Grimelli* richiamato ed esteso tra il 1843 e 1844; e quindi dai chimici modenesi *F. Selmi* e *G. Giorgini* ripetuto e confermato nel 1844. Il relativo liquido poi acconcio ad eseguire e compiere le più belle elettro-dorature, comunque ne talenti il prepararlo, basta si risolva nella dissoluzione dell' ammoniuro d' oro entro l' acquosa soluzione di cianuro potassico con le proporzioni di 1 a 2 di ammoniuro aurico, 8 a 12 di cianuro potassico, 100 e più d' acqua fredda o a mitissimo calore.

De la Rive, nel 1840, è stato il primo ad ottenere la doratura dell' argento e dell' ottone per via umida in una soluzione neutra di cloruro aurico col mezzo della corrente elettrica prodotta da una

coppia, della quale l'oggetto che vuolsi dorare costituisce l'elemento negativo. La dissoluzione neutra non deve contenere più di 5 o al più 10 milligrammi d'oro per centimetro cubico di liquido. Questa dissoluzione si versa in un cilindro di vetro, l'estremità inferiore del quale è chiusa ermeticamente da una membrana umida, e si colloca in un vaso più largo, che contiene dell'acqua acidulata con alcune gocce d'acido solforico. La membrana del cilindro interno non deve immediatamente poggiare sul fondo del vaso esterno. Il pezzo di argento e di ottone, che si vuol dorare, deve avere la superficie ben tersa e pulita, al qual fine spesso è necessario di accoppiare il pezzo collo zinco, e di immergerli nell'acido solforico allungato, e lasciarveli alcuni istanti fino a che sulla superficie dell'argento o dell'ottone si sviluppa dell'idrogeno; appresso si lava bene il metallo. Per indorarlo si fissa a un capo del filo di platino, che all'altro capo porta la lamina di zinco; lo si immerge nella dissoluzione d'oro, e appresso s'immerge lo zinco nell'acqua acidulata. Si può a volontà regolare la forza della corrente elettrica immergendo più o meno la lamina di zinco nell'acqua acidulata, onde non si sviluppi idrogeno, e si decomponga il solo cloruro aurico. Dopo un minuto si cava dalla dissoluzione l'oggetto, lo si asciuga con un pannolino sottile, e lo si immerge di nuovo. Dopo due o tre immersioni il metallo è dorato quanto che basta.

Hamman ha impiegato questo metodo per incidere le lastre di rame coll'acqua forte. Egli indora la superficie pulita con questo processo; poi egli incide, limitandosi a levar l'oro. Passa in seguito la lastra all'acqua forte, secondo il metodo ordinario; l'acido lascia intatto l'oro, e non intacca che i tratti scoperti; per cui torna facile in seguito correggere qualunque fallo fosse accaduto.

Questa invenzione fu tosto applicata alle arti e si estese mirabilmente. Dapprima si osservò che,

impiegando il cloruro aurico, la pellicola d'oro depositata è assai sottile, e si distacca facilmente allorchè s'ingrossa. Due sono le condizioni, come avverte *Becquerel*, che nella applicazione di un metallo sopra altro si ricercano: *aderenza* e *spessore* sufficiente dello strato deposto, perchè le influenze atmosferiche non esercitino la loro azione sul metallo sottoposto attraverso i numerosi interstizj, che lascia il metallo depositato.

Questo difetto ha impegnato *Elkington*, negoziante inglese, a sperimentare sopra una dissoluzione di cianuro aurico potassico, preparata dissolvendo dell'ossido d'oro nel cianuro potassico, o mescolando in parti convenienti del cloruro aurico e del cianuro potassico. Con questo processo la doratura riesce aderente, e si puo ottenere di quella grossezza che si brama; perchè l'oro continua a depositarsi in pellicole assai coerenti e brillanti per tutto quel tempo che dura l'operazione, di modo che si può determinare la grossezza dell'oro deposto osservando il tempo impiegato. La dissoluzione è formata nelle seguenti proporzioni: a 31 gramma d'oro convertito in ossido si uniscono 3 ettogrammi di prussiato semplice di cianuro di potassio e quattro litri d'acqua. Si fa bollire il tutto per lo spazio di mezz'ora, e la dissoluzione è preparata per la doratura. La Pila è a forza costante, ed i poli comunicano col liquido. Il pezzo a indorarsi è al polo negativo, sul quale si riduce il metallo in dissoluzione.

Con questo processo *Thenard*, *d'Arcet*, *Pelouze*, *Pelletier*, *Dumas*, commissarj della R. Accademia delle Scienze di Francia, hanno indorato l'ottone, il rame e l'argento, ed hanno riconosciuto la grande influenza che esercita la temperatura. A $+ 60°C.$, ottennero una doratura pronta e regolare. Appena immerso un cucchiajo d'argento è stato coperto d'oro. Per ciascun minuto se ne depositava circa 5 centigrammi, proporzionalmente ai tempi impiegati.

Ma il cianuro di potassio semplice è costoso e difficile a conservarsi in dissoluzione, per cui rimaneva tuttavia il desiderio di valersi di un preparato più economico.

Fra noi, il valente *Sandonnini* di Modena, al cianuro potassico e d'argento surrogò il cianuro ferroso-potassico e il cloruro d'argento con felici risultamenti. Io posseggo alcuni saggi, de' quali mi fu cortese egli stesso in Venezia.

Il problema in tutta la sua ampiezza venne sciolto da *Ruolz;* il suo lavoro comprende la *doratura*, l' *inargentatura*, la *platinatura*, la *ramatura*, la *piombatura*, la *stagnatura*, la *cobaltatura*, la *nikelatura* e la *zincatura*.

Doratura. Per la doratura, *Ruolz* si valse di varie dissoluzioni: 1 del cianuro d'oro disciolto nel cianuro semplice di potassio: 2 del cianuro d'oro disciolto nel ciano ferruro giallo di potassio: 3 del cianuro d'oro disciolto nel ciano-ferruro rosso: 4 del cloruro d'oro disciolto nei medesimi cianuri: 5 del cloruro doppio d'oro e di sodio disciolto nella soda: 6 del solfuro aurico disciolto nel solfuro potassico, che si procura precipitando una dissoluzione d'oro col mezzo dell'idrogeno solforato, e dissolvendo di nuovo il precipitato in un solfuro potassico.

Tutte queste dissoluzioni riescono bene, ma a preferenza le tre ultime per qualsivoglia metallo, e sopra ogni altra, la dissoluzione del solfuro aurico nel solfuro potassico. Impiegando questa dissoluzione d'oro si ottiene la doratura la più solida: ella unisce inoltre il vantaggio di essere meno costosa del cianuro potassico.

I commissarj della R. Accademia delle Scienze dell' Istituto di Francia, ci assicurano di avere osservato le dorature le più perfette dell'argento, del platino, del rame, dell'ottone, del bronzo, del packfong, e perfino dell'acciajo, del ferro e dello stagno: solo indorando l'acciajo, il ferro, e lo stagno, bi-

sogna incominciare col far precipitare sopra di loro, col mezzo della Pila una pellicola sottilissima di rame. Le esperienze furono esegnite sopra una dissoluzione formata di una gramma di cloruro d'oro secco disciolto in 100 gramme di acqua contenente 10 gramme di ciano-ferruro giallo di potassio. La Pila era formata di sei elementi, ciascuno di due decimetri di lato, caricata di solfato di rame e di sal marino a 10° del pesa sali. I Commissarj suddetti hanno osservato anche nel processo di *Ruolz*, la regolare precipitazione proporzionale ai tempi dell' immersione, e l' influenza che esercita la temperatura. Ora *Jacobi* di Pietroburgo raccomanda per la doratura il ferro cianuro giallo di potassa; essa riesce bella e più resistente di quella che si ha dal cianuro semplice di potassa. Non debbo dimenticare che tra noi, alla soluzione del cianuro potassico, l' egregio dottor *G. Sandonnini* surrogò quella del cianuro ferroso potassico col cloruro d' oro, e che ne ottenne belle ed eleganti dorature.

Argentatura. Per l'argentatura si vale di una dissoluzione formata di una gramma di cianuro d'argento secco, disciolto in cento gramme d' acqua contenente dieci gramme di cianoferruro giallo di potassio e di una Pila montata come per la doratura, ma in questo caso usa egli quattro elementi in luogo di sei.

L' argento si applica sull' oro, sul platino, sull' ottone, sul bronzo, sul rame, sullo stagno, ferro ed acciajo, con regolarità, in pesi proporzionali alla durata delle immersioni; ma la precipitazione dell' argento è un po' più lenta di quella dell'oro. Pare che la natura del metallo che si inargenta, non eserciti un' influenza apprezzabile.

Si vegga su questo argomento anche *Desbordeaux*, che propose la dissoluzione di nitrato di mercurio e d' argento, e quella di cianuro di potassio e d' argento per l' acciajo.

Platinatura. Per la platinatura adopera la dissolu-

zione del cloruro platinico-potassico nella potassa caustica. Un milligramma ricopre esattamente una superficie di 50 centimetri quadrati; la pellicola non ha che un cento millesimo di milligramma, o $^{1}/_{296872}$ di un decimo di linea di spessore. Si vale di una Pila come nella doratura; la precipitazione del platino si compie colla medesima rapidità di quella dell'oro, o almeno dell'argento, ed ha luogo su tutti i metalli anzidetti.

Ramatura. Per la ramatura usa il cianuro di rame disciolto nei cianuri alcalini, e una Pila formata di otto elementi, montata come nei casi precedenti. I Commissarj anzidetti sperimentarono sopra un liquido formato di una gramma di cianuro di rame secco e di 105 gramme di dissoluzione. La precipitazione del rame è più difficile di quella dei metalli preziosi. Pare che la dissoluzione eserciti una grande influenza a questo riguardo, e deve essere istudiata dai fisici e dai chimici.

Piombatura. Per la piombatura usa una dissoluzione di ossido di piombo nella potassa, e ricopre facilmente la latta, il ferro e tutti gli altri metalli.

Stagnatura. Non possiamo altrettanto dire della stagnatura. In Italia fecero dei saggi *Minotto* e *Ferrario;* ma non conosco che le loro esperienze si sieno ridotte alla pratica, come quelle di *Boettger.* Questo distinto chimico ha dimostrato, che si può facilmente stagnare il rame e l'ottone per via umida, dissolvendo l'ossido stannico nell'idrato potassico. Al fondo della dissoluzione filtrata si mettono delle tornure di stagno e sopra vi si mette il pezzo di rame o di ottone che si vuole stagnare. Si fa bollire la dissoluzione. Si genera una corrente elettrica pel contatto collo stagno, e lo stagno che la stagnatura leva alla dissoluzione è immediatamente rimpiazzato dalle tornure.

Per egual modo *Boettger* ha insegnato a *zincare.* Usa egli una dissoluzione concentrata di cloruro zinchico, al fondo della quale colloca dei pezzi di

zinco; v' immerge il metallo che vuol zincare, e fa bollire il mescuglio.

Col trasporto e coll' aderenza de' metalli, l'industria comincia a coglierne i frutti i più abbondanti, e dal lato dell'economia e da quello della salute degli artieri.

Della doratura ne trasse partito il lusso, ne approfittarono le arti. Si hanno i disegni i più eleganti sur un fondo di platino; e gli oggetti in rame, ottone, bronzo, ferro ed acciajo, sono garantiti dall'ossidazione; e si ha ancora il più bel vermiglio dell' argento.

Negli elaboratorj s' indorano i recipienti, i tubi, che tengono luogo di quelli d'oro, e che sono qualche volta necessarj. I commissarj suddetti sperimentarono sopra una capsula di ottone dorato, la quale resiste efficacemente all'azione dell'acido nitrico bollente. Così pure s' indorano i coltelli di ferro da tavola, gli istrumenti di chirurgia, le montature delle lenti, ecc.

Non meno apprezzabili sono i vantaggi che si traggono dalla inargentatura. La chincaglieria ne trasse partito nei molteplici oggetti in rame, in ottone, in ferro e ghisa per garantirli dall' ossidazione; i fisici ed i farmacisti nelle bilance, ed altre macchine ed utensili destinati alla preparazione di medicamenti acidi. I commissarj anzidetti verificarono che una capsula di ottone inargentata, può rimpiazzare una capsula d' argento fino a resistere alla fusione della potassa idratata.

Della platinatura si valsero i chimici per avere delle grandi capsule di ottone platinate, che uniscono al buon mercato tutta la resistenza necessaria alle dissoluzioni saline o acide, per avere delle storte di ferro platinato, che rimpiazzano quelle di platino, tanto necessarie nella concentrazione dell' acido solforico. Così l'armeria ne approfittò alla preservazione dei metalli ossidabili e solforabili; l'orologeria per coprire di una vernice durabilissima i diversi pezzi degli orologi.

I metalli usuali, come la latta, il ferro, la ghisa, ricevono dalla ramatura tutte le proprietà del rame, perciò che riguarda il colore, la resistenza all' aria, che è necessaria in tanti oggetti comuni, come nei parafulmini, nella fodera delle navi, nelle ferriate e poggiuoli, che principalmente a Venezia vengono divorati dalle speciali circostanze dell' atmosfera.

Altrettanto è a dirsi della zincatura del ferro: applicato lo zinco in istrati sottilissimi, si conservano le forme generali dei pezzi e perfino l' aspetto dei loro minuti particolari. Le palle da cannone, che per l' ossido si deformano e perdono del loro calibro, si potranno zincare; e così le corde dei ponti sospesi, i conduttori de' parafulmini, i vagli, i frulloni di filo di ferro e le lampane di sicurezza ecc. Le statue ed i monumenti di ghisa ne potranno trarre un immenso vantaggio, poichè questi oggetti, in qualche caso, furono coperti di mastice o di una vernice mal calcolata dal lato della scienza, e di un effetto ben triste dal lato dell' arte.

Anche dalla piombatura sen' ebbe a trarre un utile partito nella costruzione delle caldaie di latta piombate all' interno. Esse uniscono alla resistenza della latta quella del piombo nelle chimiche azioni delle dissoluzioni saline e degli acidi deboli.

Ruolz ha mostrato, che allorquando si fa uso della riduzione idro-elettrica per coprire un metallo con un altro, si può far precipitare una lega di due metalli, se la dissoluzione dei due metalli la contiene in una data proporzione, che non dipende dalla proporzione della lega voluta, ma dalla facilità secondo la quale l'uno e l' altro di questi metalli possono essere ridotti, di tal guisa che il metallo meno riducibile debba essere in una proporzione molto maggiore relativamente a quello che è più facilmente riducibile. Se si discioglie in 5000 parti d'acqua una quantità di cianuro potassico, in modo che la dissoluzione a + 25° abbia una densità di 1,0256 (5° dell' areometro di *Baumé*), e che in seguito si ri-

scaldi a 60°, e che si disciolgano 30 parti di cianuro ramico secco, e 10 parti di ossido di stagno, operazione nella quale si precipita un po' di stagno metallico sotto forma di polvere, si ha un liquido dotato della proprietà di coprire di bronzo dei pezzi di ferro che vi si si immergono e che sono in comunicazione con una Pila elettrica a forza costante.

ARTICOLO II.

§ 200. *Della Elettrografia di Marianini.*

Mentre coi processi della elettrodoratura e della elettro-argentatura si vestono i metalli ordinarj di un bello strato d'oro e d'argento, d'altra parte col metodo della elettrografia si fissano le sostanze metalliche sui tessuti o di lino, cotone, carta, ecc. o di pergamene, membrane, e simili, restando tali tessuti collorati ed effigiati a scrittura o disegno.

Si prepari il tessuto lavandolo e purgandolo ben bene da ogni impurità in ispecie oleosa o grassa, onde sia capace di restare uniformemente bagnato ed intriso con acquosa soluzione di acido idroclorico o di cloruro di calcio. I tessuti bianchi servono meglio dei colorati, imperocchè trattasi di inumidirli fino a saturazione mediante l'accennato liquido allestito con circa una parte di acido o di cloruro e 6 a 12 di acqua distillata. Per la quale bagnatura gli ordinarj colori poco resistenti sono di leggieri alterati o distrutti, senza che però ne soffra gran fatto la fibra del tessuto qualsiasi. Preparato di tal guisa il tessuto, si distenda uniformemente sopra una lamina d'oro in modo che vi resti esattamente applicato, e all'un tempo si collochi sul tessuto medesimo uno scritto o disegno metallico in rilievo, cosicchè ogni punto rilevato tocchi il tessuto vicino, serbando ogni cosa in tale posizione. La lamina d'oro può essere grossa o sottile e all'uopo sostenuta su conveniente piano, il tessuto può essere interposto fra due carte

parimente inumidite, e lo scritto o disegno metallico può essere della nota lega di piombo e di antimonio degli stampatori. Anzi le ordinarie composizioni tipografiche usate nell'indicato modo si prestano egregiamente a fissare la relativa scrittura in sul tessuto con caratteri di bel colore aureo, della più precisa nitidezza e di provata resistenza. Tale operazione elettrografica si compie in venti o trenta minuti di circuito chiuso e di corrente elettrica continuata, ponendo la lamina d'oro in comunicazione metallica col polo positivo, e lo scritto o disegno metallico in simile comunicazione col polo negativo di un apparato idrometallico voltiano. A tal uopo può servire un ordinario elettromotore o a Pila di dischi, o a corona di tazze, di poche o di molte coppie, di piccole o di grandi dimensioni, alternate con uno strato di umido o salino o acidulo ecc. e allo stesso uso riesce opportuno altresì l'elettromotore di coppie o a dischi o ad archetti fatte con lastre di zinco e di rame, ambedue amalgamate ed alternate con umido acidulo solforico. Quanto poi maggiore è la dimensione e il numero delle coppie elettromotrici, tanto più sollecita si compie la accennata foggia di elettrografia.

ARTICOLO III.

§ 201. *Della Elettrometallocromia di Fusinieri, Nobili e Becquerel.*

I primi saggi di colorazione dei metalli sono dovuti al sig. *Fusinieri*. Egli ottenne con la Pila i colori sopra un filo d'oro di commercio, che è sempre allegato a poco rame al polo positivo, dove, si svolgeva l'ossigeno decomponendo l'acqua, mentre restò scolorato simile filo d'oro al polo negativo, dove si svolgeva l'idrogeno; e ne assegnò la causa attribuendola ad una ossidazione superficiale. Alla vista di questi fenomeni cromatici, i fisici ricordarono

quelli che nel secolo passato ottennero *Priestley* e *Beccaria* con le scariche o scintille elettriche dirette su lamine metalliche d'oro, d'argento, di rame, di stagno, piombo, ferro, bronzo ecc. ma prima delle originali esperienze del *Fusinieri*, questi coloramenti erano enigmatici pei fisici, dominati universalmente dall'ipotesi del fluido elettrico risguardato come imponderabile; e questa ipotesi ha ritardato per lunga stagione i progressi della scienza e le sue utili applicazioni.

È merito del *Nobili* avere allargato mirabilmente questo argomento, ond'è ch'ei giunse ingegnosamente a perfezionar l'arte, di cui però tenne segreto, formando su piastre di acciajo dei medaglioni o compartimenti simmetrici di varj disegni, colorati in vaghe e diverse fogge tutte grate all'occhio per l'accordo dei colori e le sfumature delle tinte. Spetta ora all'illustre Commendatore *Antinori* che conserva nel *R. Museo* suggellate le carte racchiudenti il segreto, rendere di pubblico diritto quest'arte novella che nei progressi delle odierne applicazioni e pratiche elettro-metalluriche, si rende sempre più interessante e preziosa. Il *Nobili* ebbe per fermo che la scienza non intende mai così bene il proprio interesse, come quando mira allo scopo della utilità col prestar mano alle arti; e fino dal Novembre del 1828 il *Nobili* aveva recato la elettrometallocromia a tal segno di perfezione, che le sue lamine colorate per la bellezza delle tinte, per la precisione dei contorni e per la dolcezza delle sfumature attirarono a sè gli sguardi della R. Accademia delle scienze dell'Istituto di Francia: in quelle che io ebbi a vedere nel 1841 al Museo di Firenze vi riscontrai tanta voluttà di tinte e tanta armonia, che il mio occhio deviato vi ritornava sopra, tratto dal desiderio di goderne nuovamente la vista. Per istituire un qualche saggio si può valersi del seguente apparato descritto dal *Nobili*. Esso consiste in un piano di legno in una parte del quale sorge una colonna pure

di legno. Sulla sommità di questa son fissate due braccia di ottone, orizzontali, snodate e isolate fra loro. Il capitello della colonna è fatto perciò a vite, ed in modo da premere le due braccia incastrate entro appositi e distinti intagli praticati sulla sommità della colonna. Le estremità anteriori delle due braccia portano due aste verticali, che possono alzarsi e abbassarsi a piacere con un movimento simile a quello dei lumi ordinarj all' *Argand*. Queste due aste, che non debbono mai toccarsi, terminano inferiormente in due morsettine, alle quali si fermano due lastrine a cui sono saldati dei fili di platino che terminano in punta. Le altre due estremità delle aste orizzontali sono munite di ganci, che per mezzo di fili conduttori possono comunicare coi due poli di una Pila Voltiana. Il *Nobili* si valse di una Pila alla *Cruickshank* di dodici elementi di rame e zinco del lato di due pollici, caricati con acqua acidulata. Sotto le due anzidette punte si dispone un piattello di vetro o di porcellana, nel quale si mette una lastrina metallica pulitissima, la si ricopre di una dissoluzione, per esempio di acetato di piombo; quindi una delle punte viene portata a contatto della laminetta e l' altra ne rimane distante, ma però sempre immersa nella soluzione. Stabilite le comunicazioni coll' elettromotore, appariscono dopo pochi istanti sotto la punta sospesa dei bellissimi anelli variamente colorati e concentrici, simili a quelli delle lamine sottili e delle bolle saponacee di *Newton*, come ho esposto nel Trattato della luce. Non mancò il *Nobili* di osservare in conformità all'esperienze del *Fusinieri*, che i colori più cospicui e variati si presentano al polo positivo, per cui distinse le colorazioni in *elettro-positive* ed *elettro-negative*, le quali diedero qualche sospetto d'*interferenza elettrica*, che al lume di nuove esperienze dovrà essere avvalorata o distrutta.

Ma il *Nobili* stesso non conobbe da principio la vera causa della elettrometallocromia. Egli faceva

dipendere i varj colori dai diversi elementi proprj alle sostanze; e non fu che il *Fusinieri* che ne diede una compiuta spiegazione. Egli vi distinse le seguenti tre cose: I. Il trasporto della materia ponderabile col mezzo delle correnti elettriche per il conduttore umido, del quale trasporto aveva parlato il *De la Rive*, dopo che il *Fusinieri* trovò tale trasporto con le scariche della macchina ordinaria attraverso i metalli e per mezzo dei fulmini. Lo stesso fu riferito ancora dal *Ferussac*, il quale parlando degli esperimenti del *Nobili* cita di confronto le esperienze e le osservazioni del *Fusinieri* su quei trasporti elettrici: II. La materia trasportata dotata nel suo stato di attenuamento di una forza tale da espandersi in superficie, prendendo la forma di lamine sottilissime; e dalle reazioni delle due lamine che s' incontrano ai loro confini, ripete il *Fusinieri* lo schiacciamento reciproco delle due lamine espanse: III. Tanto gli anelli colorati ottenuti dal *Nobili* al polo positivo, quanto gli altri che ha ottenuti al polo negativo, formati di lamine sottili prodotte alla superficie dei dischi di metallo da que'trasporti di materia ponderabile e da quella forza espansiva, di cui la materia tenue è dotata; e le lamine colorate al polo positivo potevano anche essere formate in parte da ossidazione superficiale al modo che si colorano i metalli, riscaldandogli per l' azione dell' ossigeno atmosferico; determinò pure il *Fusinieri* che i metalli al polo negativo non si colorano, perchè nè l'idrogeno, nè altri corpi che vengono trasportati sopra di quelli, formano lamine diafane, per quanto sieno assottigliate.

Non fu se non nel 1830, che il *Nobili* riconobbe che i colori da lui ottenuti erano gli stessi di quelli delle lamine sottili, e che erano prodotti dall' ossigeno e dagli acidi, senza però combinazione col metallo; ma il *Fusinieri* aveva già comprovato che le laminette colorate procedevano da una combinazione del metallo col suo conburente. Egli aveva dimostrato, che il coloramento de' metalli riscaldati nel cloro

proveniva da laminette pellucide dei cloruri; e perciò conchiuse che siccome quelle laminette volatili e deliquescenti ottenute col cloro, non si potevano dire costruite di puro cloro; così neppure si potevano dire che le laminette colorate ottenute coll' ossigeno fossero lo stesso ossigeno. Comprovò pure il *Fusinieri* che tra i coloramenti ottenuti da *Priestley* sui metalli e quelli da lui avuti con la Pila non v'era altra differenza, che *Priestley* gli aveva ottenuti con la macchina ordinaria ed egli con la Pila; e che perciò l' ossigeno colorante i metalli di *Priestley* era quello dell'aria, e l' ossigeno colorante i metalli del *Nobili* proveniva dalla decomposizione del conduttore umido sotto l' azione della Pila.

Il prof. *Marianini* si occupò della elettro-metallocromia con un metodo diverso da quello che il *Nobili* aveva seguito nella scuola di Modena. Imperocchè egli fece colà le sue esperienze ponendo in comunicazione col polo negativo dell' elettromotore un sistema o aggregato di laminette e di punte metalliche disposte in simmetria e di fronte ad una vicina lama d' acciajo comunicante col polo positivo ed immersa nella soluzione salina. Ma il prof. *Marianini* osservò, che a malgrado della molta diligenza che mettevasi nel ridurre tutte le lamine e le punte in un piano, ben rare volte avveniva che la colorazione delle areole presentasse veramente la simmetria voluta da quella del disegno. A rendere pertanto facile e più sicuro l'esperimento, il *Marianini* pensò di abbandonare quel sistema di punte e di lamine, e di prendere invece una lastra di ottone ben levigata avente da una parte uno stelo dello stesso metallo, per l'opportuna comunicazione coll'elettro-motore e coperta dall' altra di uno strato uniforme di vernice di cera spagna. E in questo intonaco fa egli eseguire il disegno approfondando le tracce sino al metallo. Così non si ha che a posare questa piastra su quella d'acciajo immersa nel liquido e, trascorso il tempo sufficiente alla colorazione, interrompere il

circolo elettro-voltaico. Se il disegno porta qualche tratto in vicinanza dell'orlo della piastra, la colorazione che scaturisce nella vicina parte scoperta della lamina di acciajo, avverte l'operatore essere compiuta l'esperienza. Quando non si applica allo stelo sopraccennato un grosso filo di ottone ripiegato verso la piastra e terminato in punta, ed allorchè questa si fa pescare nel liquido al di sopra ed in vicinanza di una laminetta di acciajo le areole che si vanno formando in questa servono ad indicare quando la metallocromia abbia acquistato la vivezza che si vuole ottenere. Con siffatto metodo l'ammirabile sperienza del celebre Fisico Reggiano si ripete con tutta facilità, e con una pratica che da chiunque si può apprendere in brevissimo tempo.

Alla colorazione dei metalli si applicò ancora *Bonijol* di Ginevra, tanto con la elettricità della Pila che con la elettricità ordinaria; io pure mi sono applicato a questo argomento, ma non ho peranco pubblicate le mie esperienze ed anche il *Pianciani* a Roma; e questa colorazione, come avverte il *Grimelli* può garantirsi dall'azione degli agenti chimici mediante sottilissimo velamento d'oro diafano soprappostovi con metodo elettrochimico.

Ma niuno meglio del *Becquerel* sviluppò e ridusse a perfezione quest'arte metallocromatica, usando delle dissoluzioni alcaline. Nelle molte esperienze che fece egli ha unito all'economia dei mezzi, la facilità del processo. Io mi ristringo ai finali risultamenti che ottenne nell'applicazione degli ossidi con aderenza alle superficie metalliche.

La chimica ci ammaestra che il protossido di piombo, l'ossido di zinco, il protossido di stagno e l'ossido cromico si dissolvono nella potassa; e che il protossido di ferro, gli ossidi di zinco e di cadmio, i biossidi di rame, gli ossidi di nikel e di cobalto ecc. si disciolgono nell'ammoniaca. *Becquerel* ha rivolte le sue ricerche alla dissoluzione del protossido di piombo nella potassa e a quella del protossido di

ferro nell' ammoniaca; e mise in tutta evidenza il principio di applicazione con aderenza degli ossidi sui metalli, e additò la via che si deve seguire nell'applicazione degli altri ossidi.

Ecco come prepara la dissoluzione potassica di piombo. In una bottiglia dissolve 200 gramme di potassa caustica in due litri d' acqua distillata, vi aggiugne 150 gramme di litargirio; fa il tutto bollire per una mezz' ora, quindi lascia riposare la dissoluzione, e quando se ne prevale la allunga in un volume uguale d' acqua.

La dissoluzione si versa in un cilindro di porcellana ad uso di Pile a forza costante, che si tuffa in un vaso ripieno di acqua acidulata di $1/_{20}$ circa del suo peso di acido nitrico. Il polo positivo comunica col pezzo che si dee coprire di protossido e il polo negativo con una lamina di platino immersa nell'acqua acidulata. Basta una coppia Voltiana di grandezza ordinaria a forza costante. L'ossigeno, che si porta al polo positivo, in luogo p. e. di ossidare il ferro, cangia in perossido il protossido di piombo, il quale attratto dal medesimo polo in ragione del suo stato negativo, si depone sul ferro e vi aderisce. La lamina deve essere pulita a secco, raddolcita con la lima e con la pomice. Bastano alcuni minuti a ricoprire la lamina di perossido di piombo, che si presenta di una tinta brunastra. Lasciata asciugare, riceve un bel pulimento col rosso d' Inghilterra, che gli dà un aspetto piomboso di uno splendore vivissimo. Lasciata la lamina di ferro immersa di più nel bagno acquista un giallo d' ocra, che di più in più si può rinforzare. Una lamina di rame presenta i medesimi fenomeni di colorito con una aderenza però un po' minore. Qualche volta il rame poco dopo l' immersione presenta delle tinte irradiate dovute alle lamine sottili, dalle quali il commercio potrà forse trarre utile partito. Una lamina d'argento leggiermente scabra coperta di perossido di piombo, acquista un colorito nero assai vivo e sostiene l' imbrunimento.

detto a color di sangue. Un piccolo busto di ottone coperto di perossido di piombo e brunito, presenta l'aspetto di bronzo bellissimo. È bene operare alla temperatura di + 25° C. all'incirca, perchè il perossido riesce più aderente.

In questa operazione conviene dopo otto a dieci ore cangiare la dissoluzione ed allestire di nuovo l'elemento Voltiano; che se in un tempo minore cessa lo sviluppo del gas idrogeno dalla lamina di platino la si pulisce dopo averla immersa nell'acido nitrico. L'aderenza degli ossidi metallici e dei metalli ad altri metalli dipende dallo stato della superficie, dalle dissoluzioni e dalla intensità della corrente.

L'esperienza ha comprovato, che l'aderenza degli ossidi e de' metalli, oro, argento, rame e piombo sopra altri metalli è tanto maggiore, quanto l'intensità della corrente è minore, entro però dati limiti, e che la dissoluzione è meno concentrata.

Fino a un dato punto possiamo noi comprendere che le correnti di debole intensità producono una forte aderenza, ed una debole le correnti di una intensità energica.

Allorchè la deposizione si compie con lentezza, le molecole cristallizzano tranquillamente; il corpo che si forma segue le leggi della cristallizzazione; ma allorchè l'intensità della corrente si accresce, la cristallizzazione diviene sempre più tumultuosa, confusa e il corpo finisce ad essere formato di parti che hanno poca aderenza fra di loro. Si è detto che lo strato depositato è aderente, e non si è detto che sia combinato; perchè col mezzo di forze fisiche possiamo levare lo strato depositato, il che non potrebbe effettuarsi se fosse una vera combinazione. Così con le variazioni di temperatura leviamo il metallo precipitato; il che otteniamo tanto più facilmente, quanto più lo strato depositato è più grosso; perchè la risultante degli effetti della dilatazione si accresce al crescersi della grossezza dello strato deposto.

Anche il modo di pulire il metallo, che si vuole coprire di altro, influisce sulla aderenza; perchè spesso il metallo non si deposita sopra altro metallo puro, ma sopra una pellicola di ossido sommamente sottile. Noi possiamo pulire un metallo a secco, e allora l'aderenza è forte; ma l'aspetto non è sempre il più aggradevole: per gli oggetti di lusso conviene procedere per via umida, evitando il difetto dell'ossidazione. A tale scopo suolsi preparare la superficie stropicciandola con una dolce spazzetta ed acqua leggermente alcalizzata e sciacquandola in un ampio bagno di acqua purissima; e nel caso che le materie eterogenee sieno di troppo aderenti usando una spazzetta coperta di rosso d' Inghilterra ed appresso altra spazzetta con acqua alcalizzata, come sopra.

E dietro le vedute d'*Arcet* e di *Elkington* preparò egli i metalli da coprirsi di altri nel seguente modo, che alla solidità congiunge la durata.

Puliti gli oggetti con un miscuglio di soda caustica e di sal ammoniacale, gli immerge semplicemente in una soluzione di protonitrato di mercurio; appresso li lava in gran copia d' acqua, gli stropiccia con pelle per estender bene il mercurio e rinnova le immersioni fino a che la superficie sia ricoperta ugualmente di mercurio. Se si limita ad estenderne leggiermente senza attrito il mercurio, la superficie rimane appannata; se la si spazzetta, prende un aspetto brillante. I pezzi così preparati se s' immergono in un bagno di cianuro d' oro e di potassa ad una temperatura di + 25° a 30° C. sotto l'influenza di un apparato semplice a forza costante, in meno di un quarto d' ora gli oggetti sono dorati con o senza lucentezza secondo la preparazione. La temperatura del bagno basta a cacciare il mercurio, il quale riunisce due vantaggi, della combinazione dell' oro col rame e dello spessore pressochè illimitato. Anche questa seconda qualità è importante, perchè, uno strato assai sottile si altera al contatto dell' aria umida a motivo dell' influenza atmosferica

che si esercita attraverso gl' interstizj numerosissimi lasciati scoperti dalle parti del metallo deposto.

Debbo notare col *Becquerel*, che la pulitura del metallo ha per iscopo non solo di togliere tutte le impurità, ma ancora di dare un aspetto tale, quale è lo stato molecolare della superficie; così noi abbiamo lo scabro brillante, lo scabro appannato, l'appannato oscuro; secondo i metodi che si usano nelle arti si devono preparare le superficie; e tali ancora rimarranno coperti di strati sottili di altri metalli. Infatti la lucentezza di una superficie consiste nella facoltà che possiede di riflettere regolarmente su alcuni punti la luce; il quale effetto richiede che la superficie sia formata di particelle disposte in modo che le loro facce superiori si trovino nel medesimo piano. La non lucentezza è il risultamento della riflessione irregolare della luce, che si deriva da piccole scabrosità, o da faccette dirette in tutti i sensi, che non permettono la visione dell'immagine. Ora una superficie metallica sottoposta all' azione uniforme di una corrente elettrica in una dissoluzione conveniente, non cangia sensibilmente il suo stato, allorchè si ricopre di uno strato sottilissimo d' oro, di argento, o di altro metallo; perchè lo stato molecolare primitivo rimane lo stesso, a motivo della sottigliezza dello strato sovrapposto.

Debbo ancora ricordare, che anche il signor prof. *Kobell* di Monaco, si è occupato della colorazione di qualche minerale col mezzo della corrente Voltiana. Egli vide, che le piriti si colorano in pochi minuti secondi.

ARTICOLO IV.

§ 202. *Della Elettroplastica di Jacobi.*

La elettroplastica piana e solida ossia a rilievo, è dovuta senza contrasto alcuno a *Jacobi*, che la

fece annunziare il 5 Ottobre 1838 all' Imperiale Accademia delle Scienze di Pietroburgo.

Come venne pubblicata questa nuova arte maravigliosa, i cultori delle scienze fisiche sparsi nei varj Stati di Europa, le diedero tosto maggiore incremento e perfezione. Sono noti i lavori ad ogni colta persona dello *Spencer*, *Solly*, *Kobel*, *Smee*, *Ingé*, *Soyez*, *Boquillon* e *Vogel*; e degli Italiani *Politi*, *Marianini*, *Cirelli* e *Cozzi* che quasi sdegnosi sia stata rapita questa nuova palma all'Italia, furono tra i primi a mostrarsi operosissimi in queste nuove ricerche. Io pure dell' elettroplastica mi sono occupato fino dal Novembre del 1839, ed i miei risultamenti gli ho pubblicati nel 1841 (1). Io ho esaminato le condizioni che si riferiscono all'apparato galvano-plastico e alla forma dalla quale si vogliono trarre i tipi elettrici. L'apparato galvano-plastico può essere *composto* o *semplice*. È composto allorchè l' elettromotore è separato dalla forma o dal modello sul quale si vuol avere la lamina galvanica; è semplice, allorchè non si ha apposito elettromotore, ma la forma stessa fa ufficio di elemento elettro-negativo e lo zinco di elemento elettro-positivo. L'uno e l'altro fu sottomesso alla numerosa serie de' miei esperimenti, dai quali emerse: 1. Che l'apparato galvano-plastico con elettromotore elementare è preferibile all'apparato galvano-plastico con elettromotore a più elementi o coppie: 2. Che l'apparato galvano-plastico semplice parve meritare la preferenza in confronto dell' apparato galvano-plastico composto con elettromotore elementare. Di questo io mi valsi ne' pezzi a grandi dimensioni, come ha proposto il *Jacobi* (*Fig.* 105); ma è bene che io avverta, a scanso d' ogni incertezza, che l' apparato galvano-plastico semplice, del quale feci uso, ha l'elemento

---

(1) *Zantedeschi, della Elettrotipia Memorie, Venezia coi tipi di G. Antonelli*, 1841.

elettro-positivo immerso nell'acqua acidulata e l'elemento elettro-negativo o la forma nella dissoluzione p. e. di solfato di rame, i quali liquidi sono contenuti in vasi concentrici, il cui interno in luogo di fondo ha una membrana, che tiene separati i due liquidi come si pratica negli elettromotori a forza costante. L'apparato fu presentato alla tav. III, Fig. 55 della Prima Parte di questo Trattato. In esso ho analizzato l'ampiezza della lamina di zinco in relazione alla grandezza della forma, il grado di acidulazione dell' acqua e della saturazione della dissoluzione del solfato di rame, la natura del diaframma, e la distanza finalmente dei due elementi.

Dalle mie esperienze ho potuto raccorre: *a*) che l' ampiezza della lamina di zinco da preferirsi è quella che uguaglia la grandezza della superficie della forma e del modello; e che basta ne sia coperta, o a contatto dell'acqua acidula la sola superficie che guarda la forma e tenuta ben netta, e che l'altra è bene sia coperta di un mastice, perchè in tal modo si ha un utile risparmio dello zinco o di altro metallo che si voglia usare. Io ho dato la preferenza allo zinco, perchè amalgamato che sia, si mantiene lungamente pulito: *b*) che il grado di acidulazione dell' acqua, che esattamente risponde al miglior effetto è quello, in cui l' acqua rimane perfettamente limpida con piccolissime gallozzole, che si sollevano da tutti i punti della superficie dello zinco. Questo stato può tener luogo in certo modo d' istrumento misuratore l' intensità dell' azione elettro-chimica; ma io fo uso a questo scopo del galvanometro, come appare dall'indicata Figura 55 della Prima Parte di questo Trattato: *c*) che al miglior effetto elettroplastico si ricerca una dissoluzione di solfato di rame satura e limpidissima, formata di acqua pura e del migliore solfato di rame, che ha un colore azzurro-violetto. La dissoluzione si mantiene in istato di saturazione, procurando p. e. che in sacchetti di tela ben rada immersi nel bagno vi sia costantemente

buona coppia di scelto e ben netto solfato di rame: *d*) che il diaframma da presceglersi mi parve quello formato di membrane animali, come vesciche, pergamena, in confronto di quelli di terra bibula imperfettamente cotta e non verniciata. Non tutte però le membrane animali si prestano ugualmente bene: *e*) che in ordine alla distanza, basta che lo zinco non tocchi la membrana e che la forma sia coperta dalla dissoluzione del solfato di rame. Ho preferito in questa disposizione, che la forma tenga il luogo superiore, perchè al suo contatto non sia che la dissoluzione del solfato di rame la più limpida e pura. Debbo ancora avvertire che oltre alla temperatura sembra influiscano altre particolari condizioni atmosferiche in questi processi elettro-metallurgici. Così è agevole riscontrare, come prima d'ogni altro ha notato il *Grimelli*, che simili processi sono più pronti e compiti nelle giornate serene e tranquille, di quello che nelle annuvolate o procellose: forse in tali operazioni, dice il *Grimelli*, l'elettricismo atmosferico ha la sua parte in un coll' ossigeno della atmosfera stessa, il quale è pure assorbito dai liquidi proprj degll apparecchi elettromotori, non che dai mestrui elettro-metallurgici. L' influenza della natura dell' acque venne ancora avvertita da *Desbrodeaux*. Intorno alla natura della forma o modello da usarsi nelle esperienze elettro-plastiche, due ricerche mi si presentarono naturalmente: 1. Da quali forme si possono avere i migliori lavori elettro-plastici? 2. Da quali forme riesce più agevole il distacco dell'oggetto elettro-plastico?

In quanto alla prima ricerca io posso affermare, che le forme dalle quali io m' ebbi costantemente i migliori tipi galvanici furono le metalliche che io ottenni in due modi, col punzone lavorando, come si dice, a colpo secco, e col *clichet*. Nel primo caso io modellava lamine di piombo, e parecchie ne ottenni dalla gentilezza del benemerito nostro *Albrizzi*, ben noto per la sua fabbrica di bulini; nel secondo

caso impiegando delle leghe, come quella che usano gli stampatori nella fabbrica dei caratteri, formata di 20 parti di antimonio e 80 di piombo, e pei lavori più dilicati, una di bismuto e di piombo a parti uguali, ed una pure formata di 8 parti di bismuto, 5 di piombo e 3 di stagno; questi *clichet* si ricavano dagli originali in metallo, in legno, in vetro e in qualsivoglia altra sostanza resistente; per gli originali in materie fragili, come gesso, zolfo, pastiglie, che possono essere a grandi dimensioni, prescelsi il noto metodo a staffa; ho detto che i migliori tipi galvanici furono tratti dalle forme metalliche, i quali riescono di tanta bellezza da non riscontrarvi tra la copia e l'originale differenza di sorta; mentre quelli che ottenni da forme di gesso, di zolfo, di cera plastica e di stearina, che mi fornì il nostro distinto professore *Zadomeneghi*, non possono essere per niuna guisa messi a confronto. Io metallizzava la superficie di questi modelli con foglie d'oro e di argento, con grafite o piombaggine; n'ebbi ancora di preparate con solfuro di piombo e protossido di mercurio dal valente chimico e mio collega sig. professor *Bizio*; con idroclorato d'oro e con la dissoluzione del nitrato d'argento e soluzione alcoolica di fosforo dal chiaro chimico *Cenedella*; cercai per ultimo di spalmare le superficie coibenti, non escluso lo stesso legno, con polvere minutissima di rame; ma io, lo ripeto, ritrassi dei tipi imperfetti più o meno, e talvolta non ebbi effetto di sorta. E per vero dire, usando delle foglie d'oro e d'argento si perdono i tratti più fini, rugosa e ineguale riesce la superficie, il qual difetto si ha ancora dalle superficie metallizzate con polvere di rame; sembra però che non debbano nuocere nei lavori a grandi dimensioni; crederei per altro dover preferire la forma in lega col metodo conosciuto detto a staffa, e meglio con quello a lotto o con altro consimile. Con la grafite si ha una specie di arborizzazione o di vegetazione, che dal filo congiuntivo dipartendosi si estende con varie braccia

o rami sulla superficie coperta dal percarburo di ferro. Il qual fenomeno ripeter si deve dalla discontinuità delle parti conduttrici. Dalle metallizzazioni eseguite coi processi chimici, io ebbi effetti viemmaggiormente imperfetti o nulli; imperfetti coll'idroclorato d'oro; nulli col solfuro di piombo e protossido di mercurio e con la dissoluzione del nitrato di argento e soluzione alcoolica di fosforo. Eppure le superficie erano state preparate con tutta la precauzione. La parte incisa del modello di legno fu imbevuta della soluzione debole del nitrato di argento, che era stata preparata in un piattello e poi esposta ai vapori della soluzione alcoolica di fosforo. Io narro e descrivo fedelmente quanto mi fornì l'esperienza; non intendo di oppormi minimamente a quei sagaci sperimentatori, che per avventura fossero stati più fortunati di me. Si veggano pure intorno a questo argomento i lavori di *Boettger* e di *Spencer*, che tanto meritarono dall'arte e dalla scienza.

Esposti rapidamente i miei tentativi e le mie esperienze intorno alla metallizzazione della superficie de' modelli, rispetto al distacco debbo innanzi tutto avvertire, che il rovescio e il contorno del modello metallico deve essere ben coperto e spalmato di una sostanza coibente, come sarebbe la cera, perchè il rame non si depositi che sulla superficie preparata del modello. Ciò premesso osservo che in generale rinvenni non esser penoso il distacco della lamina elettrica dalla forma di piombo e dalle leghe di sopra indicate; anzi mi parve che dalla lega detta di *Arcet*, il distacco avvenisse e più pronto e più netto: ho pure con uguale successo sperimentato nelle lamine di rame inargentate; ma debbo però confessare che in un caso speciale il rame aderì siffattamente ad una superficie di argento, che mi fu al tutto impossibile distaccare la lamina galvanica. La forma era una di quelle medaglie d'argento, che ne' suoi premj annuali suole distribuire il Bresciano Ateneo. Dalle lastre di rame velate di una dissoluzione di

solfuro di potassio, quale suolsi usare nella inverniciatura delle medaglie, mi riuscì pronto il distacco. Non è del tutto inutile avvertire, che ove un rilievo fosse assai forte, è bene riscaldare la forma, perchè la dilatazione dei due metalli essendo ineguale, le une parti si dispostano dalle altre: ed è sempre necessario perchè non avvenga guasto alcuno, che il primo distacco alla periferia si faccia col tagliente di una spatola di legno o di osso, che non sfregi minimamente la superficie dei metalli.

E sorprendente cosa vedere come la galvanizzazione si presti alla copia dei tratti i più dilicati; non solo le mezze tinte, ma ancora quel lieve degradare della prospettiva aerea, quello sfumato e quasi impercettibile viene esattamente ritratto, per cui io m' ebbi da lamine dagherriane lastre galvaniche con vedute di una così rara finezza da recar meraviglia anzi stupore ad illustri corpi scientifici come fui graziosamente assicurato.

Narrato per tal modo quanto mi venne dato di vedere nei miei esperimenti intorno alle due proposte ricerche, io dirò quali applicazioni elettroplastiche abbia fatte.

1. Trassi copie di medaglie e di bassirilievi: 2. Ebbi lamine le più terse e pulite da gareggiare con le cilindrate le più perfette: 3. Ottenni tubi a pareti ben resistenti e senza saldatura o commettitura di sorta: 4. Ritrassi fogliami, pampini, viticci, ed altri oggetti destinati agli ornamenti ed alle decorazioni: 5. Ottenni ancora statue e busti, usando per lo più della forma perduta; ma tutti i miei lavori elettroplastici furono eseguiti con dissoluzione di solfato di rame. Conosco che il *Parkes* in Inghilterra fino dal 1841 ottenne depositi solidi d' oro e d' argento, come pure in Francia il *Boquillon*, e in Italia i signori dottori *Sandonnini* e conte *Achille Marchisio*.

ARTICOLO V.

§ 203. *Della Elettro-incisione.*

Gli artisti deplorano tuttavia la perdita di preziose incisioni, come quelle dei *Marc' Antoni;* ed altri muovono lagno che i loro rami, frutti di tanti sudori e fatiche, in breve tempo decadono dalla primitiva forza e freschezza, senza speranza alcuna di poter loro donare l' originario vigore. L' elettro-incisione venne a riparare questi gravissimi danni con la rinnovazione delle incisioni o dei rami. Basta trarre dalla incisione originaria una o più copie galvaniche, che alla prima perfettamente rispondono; la qual figliazione io ottenni al polo negativo, ricavando galvanicamente un rame rovescio dall'originario, e poi dal secondo un rame diritto con lo stesso processo, come ha immaginato il *Jacobi*; ovvero formando col rame originario un perfetto *clichet* nella lega di otto parti di bismuto, cinque di piombo e tre di stagno, e da questo ricavando galvanoplasticamente un rame diritto. Con questo doppio metodo io giunsi ad avere stampe di tanta forza e bellezza da ingannare piacevolmente valentissime persone nell'arte e da arrecare stupore ai primi cultori della scienza, non aspettandosi che a tanta finezza giungere potesse l' elettro-incisione. Non debbo però dimenticare, che il primo dei due ricordati metodi presenta il grave pericolo di non potere a quando distaccare il contro-rame galvanico; il che avviene per la porosità del rame inciso e per gli intacchi laterali, indotti a quando dall'acqua forte che permettono che il rame galvanico penetri per entro alla massa, e si depositi lateralmente, come mi sono convinto da alcuni saggi che io feci. Egli è vero che per un lato, tale pericolo diminuisce o si toglie col preparare con una dissoluzione a caldo di solfuro di potassio la superficie del rame primitivo; ma per tal guisa lo si altera, il

che non può andare intieramente a garbo ai proprietarj dei rami; per cui volendo evitare ogni pericolo e desiderando restituire i rami incisi perfettamente vergini quali uscirono dalle mani de' proprietarj, io ho prescelto di formare dei *clichet* o politipi con la lega anzidetta. Non è a dimenticarsi, che i rami galvanici per tal modo ottenuti, presentano delle barbe, come un rame di fresco inciso a punta secca; ma dall' abile artista vengono perfettamente levate con un buon raschiatojo, o col carbone senza fatica di sorta, e senza che il rame abbia a perdere di sua freschezza, od abbisogni di essere in qualche parte rinforzato o ritocco. Noi possiamo per tal guisa rendere comuni le stampe dei più valenti artisti, e coltivare il sentimento del bello nel popolo, mettendo sott' occhio dei tipi che meglio rispondano dei consueti al celeste e divino in argomenti di Religione. I Signori *Francesco Theyer's e Dr. E. Waidele* in Vienna d'Austria, fondarono uno stabilimento galvanoplastico e galvanografico, che è il più interessante e grandioso che abbia l'Europa, per quanto è a mia notizia. La ricca ed eletta copia di elettroincisioni, è la prova la più manifesta del sommo grado di perfezione a cui portarono quest' arte di fondere e spalmare a freddo i metalli. In cotesta insigne officina io m' ebbi dalla cortesia del signor *Francesco Teyer's* la bellissima incisione elettrica della riputatissima dipintura *la Presentazione al Tempio di Frà Bortolomeo di S. Marco del* 1516, che è dell'altezza di 0^m, 97, e della larghezza di 0^m, 72 originariamente incisa da *Rahl* nel 1825. Mi è caro di render loro questa pubblica testimonianza di omaggio e di estimazione dovuta all' eminente loro merito.

Ma noi possiamo ottenere per altra guisa le elettro-incisioni tanto a rilievo che ad incavo. Basta che le lamine metalliche in alcuni tratti di loro superficie sieno terse, e in altri coperte da uno strato di sostanza coibente, e all' un tempo sottoposte ad op-

portuna azione elettrochimica. A tale uopo, intonacata esattamente per ogni parte la prescelta lamina metallica con cera o vernice degli incisori, si eseguisce sovr' essa con punta o bulino il disegno in guisa, che esportando la cera, resta in ogni trattato disegnato il metallo nudo. Collocata la lamina al polo negativo entro una satura soluzione di solfato di rame, si ha un' incisione in rilievo. Per conseguirla uniforme, è necessario che la lamina sia parallela ad altra ben tersa comunicante col polo positivo ed uguale in grandezza, collocata nella medesima soluzione alla distanza di poche linee.

Che se invertesi la disposizione delle lamine, ossia quella preparata a disegno si colloca in comunicazione del polo positivo, e l' altra in comunicazione del polo negativo, avviene che la prima in ogni punto della superficie metallica disegnata resta attaccata e disciolta dall' acido del solfato di rame, mentre sull'altra si precipita il metallo ridotto. Per tal guisa si ottiene il disegno inciso conformemente all'incisione che suolsi praticare mediante l' acido nitrico ossia l'acqua forte, ed anzi la elettro-incisione riesce assai più precisa e compita. Infatti per tal modo si regola a volontà l'azione elettro-chimica accrescendola, diminuendola, sospendendola all'uopo, coll'attivare la corrente elettrica, coll' attenuarla, col sospenderla. Estraendo in sulle prime la lamina dal liquido nel quale sta immersa, si esaminano i tratti sottoposti all'azione corrosiva, e ove i *chiari* riscontransi sufficientemente incisi, si coprono di vernice, poi si rimette al posto, e dopo alcuni minuti si ricava fuori esaminando le *mezze tinte* onde all'uopo ricoprirle esse pure di vernice, e così di seguito si rimette nel liquido e si estrae fino a che si riscontrano ottenute tutte le tinte e le gradazioni correnti per la compiuta incisione. Ogni volta che si estrae la lamina dal liquido, giova prima di rattuffarla nel medesimo immergerla in acqua pura per nettare e detergere i tratti lordati dalle particelle ossidate che

per avventura vi aderissero. I principali vantaggi e pregi riscontrati in simile metodo di elettro-incisione, in confronto dell' ordinario ad acqua forte, sono quelli di regolare a volontà l' azione corrosiva elettro-chimica e di evitare le nocive esalazioni nitrose, non che di ottenere la più sollecita uniforme incisione del rame e la maggiore esattezza delle tracce incise. Con questo metodo si possono incidere le lamine dagherriane. *Berres* a Vienna, pel primo, appresso *Bisson* e *Chevalier* in Francia, si occuparono di questo argomento. Io tengo dalla rara cortesia del sig. professore *Berres* una elegantissima stampa fotogenica. La scienza e l'amicizia deplorano amaramente la perdita di un tant' uomo, che era per pubblicare nuove ed interessantissime osservazioni sull'anatomia e sull'arte. S' abbia un tributo di lode quest' anima grande, che non visse che per la scienza e per l' umanità.

Io non sarei così breve, se volessi tutte ricordare le applicazioni della elettro-incisione. Dirò solo che il tipografo ne ha tratto un utile partito nella riproduzione delle vignette e nella stereotipia.

ARTICOLO VI.

§ 204. *Della Elettrotipia o Galvanografia.*

Non è infrequente il lagno, che muove taluno degli artisti contro gl' incisori perchè lo spirito dei loro dipinti o dei loro disegni non è intieramente conservato; le incisioni si possono risguardare come tante traduzioni di un originale, le quali più o meno si dilungano dal vero e tutte diversificano tra di loro. La galvanografia sembra, se non in tutto almeno in parte, che possa far cessare questo lamento, somministrando delle lamine elettriche incise, tratte da semplici disegni. Io cercai di averne da stampe fresche trasportate sopra una lamina metallica col mezzo della contro prova, o del parto, come si dice;

ma le stampe, che si hanno da questa lamina comunque sieno precise, riescono leggieri e sbiadite; io giunsi tuttavia ad averne di forti, rialzandone i tratti dell'inchlostro: le piastre galvaniche per altro che si ricavano per tal guisa dalle inargentate di Francia, sono di una rara maravigliosa bellezza; il fondo bianco argentino col rosso giallastro brillantissimo del rame, riesce così vago a vedersi, ch' io non saprei qual altro più dilicato lavoro dell' arte potesse reggere in suo confronto. In generale questo metodo non può usarsi che per avere delle lamine ad uso dei gabinetti di fisica e degli amatori delle cose rare e peregrine; a dimostrazione di quanto possa finamente la natura operare nelle impercettibili particelle della materia. L'utile che le belle arti possono raccogliere attender lo devono dalla galvanografia. Essa riproduce i disegni così precisi ed esatti da recare stupore allo stesso artista. I *plaquèe* di Francia si prestano bene ai disegni. Dopo varj tentativi io ho ritrovato, che l' inchiostro litografico da stampa e non da disegno, stemperato nell' olio di lino cotto, si presta egregiamente al tratteggio del pennello: i contorni più precisi e facilmente riescono; e levata dal disegno la prima lamina galvanica, potei cavarne una seconda, una terza, e ancora più.

Non debbo dimenticare che i rami galvanicamente incisi, cavati da disegni formati con inchiostro coibente, presentano nel loro rovescio i tratti concavi corrispondenti a quelli del diritto, mentre i rami galvanici tratti da rami incisi dalla mano dell'artista offrono nel loro rovescio i tratti convessi, che rispondono alle incisioni o ai tratti concavi della faccia anteriore e del diritto del rame; e la ragione si è, che il disegno di sua natura coibente non permettendo la sovrapposizione delle particelle del rame, il congiungimento delle parti non può eseguirsi se non che per l' addizione laterale delle molecole. Questo carattere dopo di me venne in Pietroburgo notato da Sua Altezza il Principe *Leuchtemberg*.

Della Galvanografia si è occupato in Italia il *Cirelli*, senza però pubblicarne il suo metodo; e a Monaco il sig. Professore *Kobell*, il metodo del quale ha ricevuto uno sviluppo ammirabile nel ricordato stabilimento dei signori *Francesco Theyer's* e *Dr. E. Waidele* in Vienna. Esso consiste nel coprire, come nei disegni ad acquerella, una lamina di rame densa e ben pulita di una vernice, lasciando scoperti quei tratti, ne' quali devono apparire i chiari. Dalla grossezza della vernice dipendono adunque gli oscuri e le mezzetinte. Si è trovata utile la vernice che suolsi usare nella pittura delle porcellane, la quale resta aderente e ben liscia con la lenta evaporazione dell'essenza di trementina. Essa si colora col perossido di ferro, che si adopera pure nella dipintura della porcellana.

ARTICOLO VII.

§ 205. *Della Elettro-Metallurgia.*

Ultimamente si è pensato di applicare il galvanismo al miglioramento del ferro. È noto che il ferro, contenente dello zolfo, del fosforo, ecc. è fragile. Si è pensato nei paesi di Galles e di Derbyshire di far attraversare la ghisa da una corrente galvanica per tutto quel tempo che esce dal forno e si solidifica. I giornali assicurano che se n' ebbe una ghisa migliore.

È a credere, che le utili applicazioni della Pila andranno sempre più allargandosi con perfezione maggiore delle già fatte. Si riferisce che la galvanografia, detta anche dall'inglese *Palmer gliphografia*, ebbe in Lipsia per opera di *Wolkmaro Ahner* un perfezionamento incalcolabile. Si assicura aver egli rese le superficie del rame adamantine; cosicchè coi torchi a vapore si possono tirare perfino settanta mila esemplari di un disegno in un giorno.

CAPO TERZO

§ 206. *Della Terapia Elettrica.*

Fino dai primordj della scienza elettrica, noi troviamo essere sorta nella mente degli uomini l' idea della applicazione dell' elettrico nella cura delle umane infermità ed essersi mantenuta più o meno estesa con maggiore o minore fiducia, a seconda degli effetti ora favorevoli ed ora contrarj, che dalle varietà sempre più crescenti degli apparati elettrici si ottenevano; per cui la terapia elettrica, che ha cultori di grande celebrità nella scienza, ha ancora de' nemici e degli increduli. Essa, al dir degli uni, si dovrebbe considerare come il più utile, e al dir degli altri, come il più inutile rimedio di tutta la materia medica. Noi però nè tutto speriamo coll' entusiasmo degli uni, nè di tutto disperiamo col cieco pironismo degli altri. Sono effetti sicuri della elettricità; la decomposizione e lo scompaginamento dei corpi, il trasporto de' principj ponderabili, l' eccitamento e la commozione della economia animale, per la quale la sensibilità si desta e si esalta, la respirazione si accresce e la circolazione del sangue si altera sotto l' azione di questa forza potente: e tali eccitamenti e commozioni, decomposizioni e trasporti sono in molte malattie non solo utili, ma ancora necessarj. Confessiamo però che la terapia è tuttavia incompleta, perchè è indeterminata in alcune applicazioni. Talora il medico rimane in forse se la differenza dei risultati provenga piuttosto dall' indole differente delle malattie o dalla imperfezione dei metodi nel somministrare l'elettricità. Il chiarissimo mio predecessore Cav. *Marianini*, fece parecchie cure con la elettricità mossa dagli apparati Voltiani, le quali ora furono seguite da guarigione, ora da qualche miglioramento ed ora da nessuno; e l'illustre clinico *Namias* ottenne felici risultamenti in non

comuni casi di paralisi e di afonie, che tengono un posto distinto nella terapia elettrica.

I nostri studj devono essere da un lato diretti ad accrescere il patrimonio delle nostre cognizioni sull'elettrico considerato come forza fisica e chimica, e dall'altro ad acquistare idee esatte e precise sulle cause e sull'indole delle umane infermità onde poter conchiudere quali sieno le malattie nelle quali torna utile l'applicazione dell'elettrico, e quali sieno quelle nelle quali riesce senza alcun utile effetto. Imperocchè, come osserva sapientemente il *Grimelli*, gli effetti diversi ed anco opposti per l'una parte s' attengono ai varj poteri elettrofisici e chimici, e per l' altra parte sono regolati da quei poteri fisiologici, che stanno a base di ogni fenomeno organico-vitale: e perciò è necessario considerare gli effetti primieramente in ordine elettro-fisico ed elettro-chimico, secondariamente in ordine fisiologico-vitale e medico-pratico e patologico per ultimo.

Nel corso delle mie esperienze ho potuto convincermi tornare l'uso dell'elettrico utilissimo in quelle infermità nelle quali occorre eccitamento, trasporto di principj e dissoluzioni; e perciò talvolta l'adoperai con felice successo come potenza meccanico-dinamica, e talvolta l' usai a preferenza quale potenza chimica. Tutto l' artificio e magistero consiste nella sua filosofica applicazione. In due articoli impertanto viene questa sezione divisa; nel primo de' quali espongo i principj direttivi l' applicazione dell' elettrico nella cura delle umane infermità; nel secondo espongo l' istoria di alcune cure elettriche ad istruzione di quelli che amano avviarsi allo studio della terapia elettrica. Possano riuscire queste mie ricerche utili a sollievo della umanità sofferente, ed all' avanzamento della scienza!

ARTICOLO I.

§ 207. *Dei principj direttivi l'applicazione dell' elettrico nella cura delle umane infermità.*

I principj direttivi l' applicazione dell' elettrico nella cura delle umane infermità sono esposti in forma di aforismi o sentenze, che agguardano gli apparati elettrici in sè stessi e nella loro applicazione.

I. *Scelta dell' apparato elettrico.* Fra i molteplici apparati che possiede la fisica, in mia sentenza è da preferirsi l' elettromotore Voltiano a quelli di attrito e d' induzione, poichè esso unisce in grado distinto tutte le qualità che aver deve l' elettrico considerato e come forza fisica e come forza chimica: non è però che in qualche caso non possa tornar utile anche l'elettricità di attrito e d'induzione, come io stesso l'adoperai con felice risultamento. Questa verità non è bene per anco conosciuta dalla comune dei dotti, parecchi de' quali nelle cure mediche fecero a' nostri giorni prevalere l' uso delle macchine magneto-elettriche. Esse in alcuni casi sono meno efficaci degli apparati Voltiani. Per essere pienamente convinti di questo fatto, ricercasi la perfetta cognizione della teoria di queste macchine; che io la diedi alle sezioni del Voltaismo e del Magneto-elettricismo. E sebbene quanto al modo di operare sieno identici gli apparati Voltiani a colonna a quelli a corona di tazze, pure a quest' ultimi col *Marianini* do la preferenza, perchè in essi si possono facilmente evitare le correnti parziali fra coppia e coppia, le quali affievoliscono la corrente totale; e perchè inoltre vanno meno soggetti a variazioni nella forza, la quale si può moderare ed accrescere fino per gradi insensibili molto più agevolmente che non nelle Pile.

II. *Modo di caricare l' apparato elettrico.* Scelto l' apparato elettrico deve il medico saperlo caricare

nel modo il più conveniente, che dal caso speciale della cura è richiesto. Vasi bene asciutti all' esterno ricercansi per evitare le correnti parziali; coppie isolate le une dalle altre, per iscansare la perdita di effetto in alcune; soluzione ben satura di cloruro sodico per gli usi comuni di semplice eccitamento di trasporto di materie, di risoluzioni, di chimici alteramenti; ma ove si tratti d' introdurre nel torrente della vita qualche principio in istato di sommo attenuamento, addimandasi che il medico lo sciolga nel liquido delle ultime coppie polari, come sarebbe a modo di esempio, il deutocloruro di mercurio, e lo applichi alle lamine polari in relazione allo stato elettro-chimico della sostanza. Allorchè l' apparato dee funzionare come termo-elettrico, è bene caricarlo a forza costante. Pochi elementi a superficie un po' ampia alla *Grove*, o alla *Daniell*, o alla *Bunsen* bastano all' uopo, come nell'applicazione di una *moxa* in qualche regione profonda del corpo. A questo scopo s'introduce nella parte affetta un ago di platino, che si mette in comunicazione col polo positivo della Pila, mentre l' altro polo si fa comunicare con una piastra metallica ad una parte vicina a quella ove si trova infisso l' ago; all' istante l' ago si riscalda fino all' incandescenza, abbrucia le carni attigue apportando un vivo dolore di corta durata. Si sviluppa l' infiammazione come nell' applicazione di una *moxa*, poi nasce una escoriazione, che termina a prendere la forma di una penna da scrivere.

III. *Sede dell' applicazione degli elettrodi*. Caricato l' apparato elettrico, in quali parti si avranno ad applicare gli elettrodi? Io veggo che non rare volte con le parti inferme si elettrizzano ancora parti che sono in istato perfetto di salute. È paralizzata p. e. una gamba, e si compie il circolo fra la gamba e la mano corrispondente. Io soglio in quella vece applicare gli elettrodi in modo che fra di loro comprendano solo l'organo ammalato; così, p. e., è paralizzata una mano fino al metacarpo, ed io compio

il circolo con le ultime falangie delle dita e il carpo. Un circolo assai lungo nuoce all' effetto per la resistenza che oppone alla corrente elettrica. Gli elettrodi metallici, come strisce metalliche di zinco, non sono portate all'immediato contatto della cute per evitare alcune moleste sensazioni all' infermo. Nelle discontinuità polari si eccitano punture, bruciori, che variano secondo che il polo è positivo o negativo. Io per questo involgo gli elettrodi in un velo di tela di lino bagnata con acqua salata: talora è vantaggioso di bagnare la tela dell' elettrodo positivo con acqua leggiermente alcalizzata, e quella del negativo con acqua leggiermente acidulata. Così si neutralizzano gli effetti polari prodotti dall' azione chimica della Pila. È noto che i due poli dell' apparato Voltiano applicato ai tessuti organici viventi, svolgono effetti diversi non solo a norma della diversa loro azione elettrica, ma eziandio a seconda della loro natura metallica ed unida posta ad immediato contatto delle parti animali.

IV. *Grado della carica elettrica.* La prima volta che si elettrizza un individuo, quando cioè non si conosce ancora la sua sensibilità, si deve incominciare con poche coppie, crescendo poi gradatamente fino al segno che può sopportarle senza incomodo. Anche in ogni elettrizzazione, come avverte il *Marianini*, è bene incominciare con un numero di coppie minore di quello che già si sa poter l'ammalato sopportare, perchè o per essere l' apparecchio meglio isolato, e per essere le comunicazioni fatte con miglior conduttore, può l' apparato stesso agire con più energia dei giorni precedenti. Se le piastre sono levigate e lustre, le scosse e lo stesso dicasi degli altri effetti fisiologici, sono a parità di circostanze molto più gagliarde che non quando sono ossidate. Venticinque coppie lustre p. e. danno scosse forti, come quaranta o quarantacinque, le quali sieno state adoperate per dodici o quindici elettrizzazioni, supposto però che ogni volta non sieno montate che

un'ora o poco più, e vengano poscia diligentemente asciugate.

A tutte queste considerazioni del *Marianini* aggiugnerò, che la sensibilità dell'ammalato può essersi esaltata o per circostanze interne o per circostanze esterne di caldo, di freddo, di umidità o di stato elettrico, come più volte mi sono convinto in varj casi di cura elettrica. Un individuo affetto da una paralisi faciale, un giorno fu più sensibile all'azione di cinque coppie, che altro giorno all'azione di venti. Le circostanze atmosferiche furono in questi due giorni molto differenti. Non dimentichi mai il terapeutico prima di dar mano all' uso della elettricità, di prendere esatta cognizione del trattamento di cura, al quale fu l' ammalato precedentemente sottoposto. Il *Namias* nel 1844 notò che la noce vomica agisce in modo analogo all'elettricità, e il *Ducros* comunicò all' Istituto di Francia che gl' individui che furono sottoposti all' uso della stricnina per un qualche tempo acquistano una estrema sensibilità per l'eccitamento elettrico, sensibilità che sussiste per più settimane anche dopo aver sospeso l' uso di questo medicamento. Il che venne confermato dal *Matteucci* a Pisa, e da me in Venezia. Vi sono de' medici che o ignorano questa influenza de' farmachi o la trascurano, perchè non vi prestano piena fede, ed espongono l'elettricista a gravi conseguenze. Nel 1844 io fui richiesto in Venezia a dirigere un elettrizzamento da applicarsi ad una paralisi faciale, e sembrandomi l'ammalato di un sistema nervoso esaltato, applicai un solo elemento di rame e zinco della superficie di cinque centimetri, montato con acqua satura di sal comune, e al chiudersi del circolo l' ammalato balzò dalla sedia con tutta la persona, riempiendo di maraviglia e di stupore i medici astanti che presiedevano alla cura, e in me destando uno sdegno contro tanta non curanza, che mi avrebbe esposto a gravi conseguenze, se non avessi preceduto con l' estrema circospezione.

V. *Metodo di applicazione dell' elettrico.* L' elettrico si applica a scariche o a correnti discontinue, intermittenti, che all' atto dell' aprirsi e del chiudersi del circolo produce delle scosse; ovvero a circoli, a correnti continue. Le scosse si fanno succedere le une alle altre a piccoli intervalli di tempo come in un secondo o due; nè si danno tutte di seguito, e si lascia un riposo di parecchi minuti ogni quaranta o cinquanta scosse. Si può bensì fra una serie di scosse e l' altra elettrizzare qualche volta l' ammalato a corrente od a circolo.

Nelle paralisi in cui deve l' apparato funzionare come eccitante a preferenza per risvegliare nelle diverse parti le assiderate funzioni nervose, vuolsi adoperare il metodo delle scosse. Lo stesso è a farsi in qualche strabismo dipendente da paralisi, e in qualche ingorgo delle membrane mucose, come nelle afonie. Il caso insegnò che il moto in carrozza fece momentaneamente ridonare la voce e l' udito. L' esempio della signora *Dolcetta Forti*, affetta da continua afonia, è ricordato dal *Marianini*, e quello di sordità di un signor veneziano, mi venne più volte testimoniato nel 1843 da miei uditori.

Ove occorra poi liberare tessuti da materie depostevi da spandimenti, da repressa traspirazione, ove abbisogni di sciogliere scrofolosi induramenti di glandole esterne, introdurre nel circolo della vita sostanze medicamentose, in poche parole, ove abbisogni applicare l' elettricità come forza decomponente e come veicolo di trasporto, la si applichi a corrente od a circolo.

Ma in ogni caso se ne misuri sapientemente la forza, se ne sorveglino le conseguenze, se ne sospenda l' applicazione, se per avventura l' uopo il richiegga. L' elettricità tanto adoperata a correnti discontinue che continue, ha la proprietà di eccitare l' azione della economia animale, come ha dimostrato ancora il *Namias.* Un moderato eccita-

mento corrobora e richiama, per così dire, la vita; un eccitamento di troppo prolungato o violento, la distrugge.

VI. *Direzione della corrente.* È noto a' fisici ed ai fisiologi, che un membro pel prolungato passaggio di una corrente di data intensità diviene inetto al movimento, ossia si paralizza. Esso non si contrae nè per la virtù di altra corrente diretta come la prima e di ugual intensità, nè sotto l' impero del volere; ma lasciato in riposo quel membro travagliato dalla corrente elettrica dopo un tempo proporzionale all' intensità ed alla durata della corrente, come ha discoperto il *Marianini*, il sistema nerveo-muscolare riprende a poco a poco la sua virtù, e torna di nuovo eccitabile al passaggio della stessa corrente, e di nuovo obbedisce all' impero della volontà; ma invece di aspettare che la natura da sè si ristori e riprenda il suo vigore, se si fa passare per quel membro una corrente contraria a quella che gli aveva sospesa l' eccittabilità, egli si scuote ed obbedisce all' impero dell' animale. Ecco un fatto indipendente da ogni idea speculativa e da ogni ipotesi, come riflette il *Matteucci*, sulla forza nerveo-muscolare, che ci dee servire di guida nell'applicazione delle correnti elettirche alle paralisi. Noi infatti possiamo supporre, che in alcuni casi di paralisi, il sistema nerveo-muscolare del membro ammalato sia alterato in una maniera analoga a quella che viene prodotta dal passaggio di una corrente elettrica dal centro alla periferia. Si dovrà adunque, per far cessar le paralisi di moto, dirigere una corrente inversa, ossia diretta dalle estremità verso il centro; ma ove si tratti di una paralisi di senso, il *Matteucci* è d' avviso, che debba applicarsi la corrente diretta; e nelle paralisi complete, pensa egli che non vi sia alcuna ragione per decidersi per la corrente piuttosto diretta che inversa. Egli però non avvalora il suo modo di vedere con alcun esperimento: le mie esperienze in quella vece mi fanno

decidere in ogni caso per la corrente inversa. Con questa io m' ebbi sempre pronti, efficaci, stabili risultamenti.

Ma a quando occorre adoperare la corrente elettrica come mezzo dissolvente, ed allora sonvi dei casi ne'quali bisogna ben conoscere la virtù elettiva de' poli. Così l' albumina si coagula al polo positivo per l' azione degli acidi che si sviluppano a questo polo, e si scioglie al polo negativo per l' opposta azione degli alcali. Sperimentando io, dopo i primi saggi che feci nel 1841 in compagnia del sig. dott. *Fario*, coagulai l'albumina dell' uovo fino a un dato grado al polo positivo, e la sciolsi subito dopo per l' azione del polo negativo. Altrettanto io ottenni col sangue di un pollo appena estratto. Disponendone due gocciole sopra un pezzo di stagnola, distanti l' una dall' altra alcuni centimetri, io vidi l' azione simultanea opposta dei due poli, mentre l' una gocciola di sangue si coagulava al polo positivo, si scioglieva l' altra al negativo; ma era interessante vedere, come esperimentai ancora in compagnia del sig. dott. *Fario*, che introdotti gli elettrodi nel sangue vivente entro ai vasi, non si coagulava minimamente al polo positivo. Non so se sia stata fatta da altri questa esperienza sul sangue vivo e sul sangue morto: esperienza che dee far discredere i chimici, che vogliono parlarci di vitalità col crogiuolo alla mano, di certe loro sentenze. La chimica non può entrare nel dominio della vita, ma torna tuttavia utilissima, esaminando gli elementi che sono tutti al dominio di quella.

Nella cura impertanto delle nubecole della cornea, negli opacamenti della lente e della capsula, e nelle cataratte, si dovrà all'occhio applicare il polo negativo: nelle ulceri ribelli il polo positivo. Esse di loro natura segregano delle materie alcaline, e col polo positivo bisogna farvi giungere degli acidi, e così costringere l' organo a segregare gli umori di una natura opposta a quelli che si sviluppano per lo stato patologico.

Ma nella introduzione di alcune sostanze medicamentose nel circolo della vita, è al tutto necessario conoscere la loro natura elettrica in ordine a quella dei poli, perchè ne possa essere avvalorato l'assorbimento ed il trasporto. Le correnti elettriche, come si è detto, sono dotate di potenza elettrolitica od elettro-chimica, per cui operano analisi e sintesi, trasportano i principj elettro-positivi, come idrogeno, potassio, sodio, zinco, alcali, ossidi dal polo positivo al negativo, e viceversa trasportano principj elettro-negativi, come ossigeno, cloro, bromo, zolfo, fosforo, iodio, acidi dal polo negativo al polo positivo: per cui l'elettromotore Voltiano applicato ai tessuti organici viventi, tende al polo positivo ad insinuare ne' medesimi i principj elettro-positivi, ed al polo negativo tende ad insinuare gli opposti principj elettro-negativi. Per tal modo il iodio si trasporta attraverso il corpo di un uomo. Il sig. dott. *Palaprat* è stato il primo a fare questo esperimento. Dopo avere bene asciugate le braccia di una donna, egli applicò sopra un braccio una pezzuola imbevuta di una soluzione di ioduro di potassio, e la coprì con una lamina di platino, che comunicava col polo negativo di una Pila composta di trenta elementi. Collocò sull' altro braccio una seconda pezzuola imbevuta d' amido e coprì anche questa con altra lamina di platino comunicante col polo positivo. Dopo alcuni minuti l' amido si colorò in bleu; prova evidente che il iodio era stato trasportato da un polo all' altro attraverso il corpo. Avendo egli levata l'epidermide, l' effetto fu più pronto e distinto. Per ugual modo procedendo, egli introdusse nei muscoli dell' iodio ed altri agenti chimici mediante aghi di platino che vi aveva impiantati. Al conseguimento di questo effetto ricercasi la scienza la più perfetta della elettro-chimica e della materia medica. Laonde ne conseguita, come riflette avvedutamente il *Grimelli*, la necessità di studj diligenti intorno ai varj metalli e alle diverse soluzioni saline applicate sulla

cute, per riconoscere se nel servire quali conduttori a tradurre le correnti e le scariche per entro ai tessuti organici viventi sieno all' un tempo coll' elettrico stesso insinuate entro la macchina vivente in tale stato di attenuazione, e in tale quantità da svolgere i loro effetti fisiologici e medici, evitando per tal guisa in simili ufficj i metalli e i sali o inutili o nocivi, ed impiegando quelli dotati di acconce azioni medicamentose; quali sono per. es. il bismuto, lo zinco, ecc., i di cui preparati in minime dosi esercitano le più efficaci azioni nervine opportune alla cura delle nevralgie e delle paralisi.

Nei casi finalmente di semplice meccanico trasporto delle sostanze ponderabili, dobbiamo ricordarci, come io ho osservato nella Pila analogamente a quanto avea scoperto il sig. Dot. *Fusinieri* nella elettricità di attrito, che l' azione del polo positivo al negativo è più energica di quella del polo negativo al positivo. E perciò ne' casi, ne' quali l' azione meccanica della corrente cospira coll' azione dello stato elettrico dei corpi, l' effetto sarà più pronto ed efficace.

VII. *Stagione più favorevole alle cure elettriche.* Non ogni stagione è ugualmente favorevole all' applicazione della elettricità. Negli estremi di caldo e di freddo, la sua benefica influenza è minore. Il *Grimelli* dai proprj esperimenti raccolse doversi combinare la temperatura di + 15° R., all' incirca, che è prossimamente la media fisiologica dell' uomo.

VIII. *Perseveranza.* Non dimenticherò di ricordare che si ricerca pazienza e perseveranza per avere dei risultati soddisfacenti. Il *Marianini* ha continuato in alcuni casi l' applicazione delle correnti elettriche per più mesi; e in due casi la salute non si è ristabilita che dopo 2500 scosse; il *Namias* nella paraplegia dell' *Alessandrini*, insistette 70 giorni, e la cura fu condotta a prospero termine dopo 30050 scosse, prodotte da un apparato a corona di tazze, che da 50 fu portato sino a 100 ele-

menti di rame e zinco delle dimensioni di 3 a 4 pollici di superficie, caricato con acqua satura di sal comune. Non dimenticherò per ultimo di ricordare che alla cura elettrica devono essere associati i mezzi più efficaci dell' arte salutare. Egli è nei casi di ricerca e di esperimento che si deve procedere col solo elettrico, per rilevarne la sua efficacia. Egli è ne' casi in cui bisogna eccitare la fibra e predisporla a ricevere la virtù delle sostanze medicamentose, che l' applicazione dell' elettrico deve andare innanzi a quella de' farmachi; perchè altramente questa riuscirebbe di poca o nessuna utilità. Del resto l' una si affratelli all' altra. Il *Namias* nella ricordata paralisi di vescica e degli arti inferiori dell'*Alessandrini*, all' uso dell'elettrico associò quello delle pillole di estratto alcoolico, di noce vomica, di sature decozioni di salsapariglia, con frizioni alla spina di pomata di protojoduro di mercurio; e giunse a togliere non solo le minacce di propagazione del morbo, ma ancora a debellarlo nelle sue più riposte regioni. Ma non di rado prima si esauriscono i soccorsi della chirurgia e della materia medica tormentando gli ammalati con mille ammollienti, antispasmodici, cataplasmi, vescicanti, frizioni, bagni vaporosi, morfina, jusquiamo, acido prussico, scopetta, ago puntura; e in fine sfiniti e consunti si consegnano ad un elettricista, o ad un inserviente di fisica, o ad un flebotomo, perchè applichino loro l' elettricità e ridonino quella salute che non aveva risposto all' invito di tanta loro sapienza. Più volte risposi che io sono, come è infatto, profano alla medicina, veggendo inutile l' uso della elettricità in tanta consunzione. Io volli lasciare ad altri l' uficio pietoso di sollevar quella pietra che doveva fra poco coprire i miseri avanzi di quegli infelici. Io dirigo questo prudente ammonimento a tutti i miei colleghi che amano l' onor della scienza e di sè stessi.

ARTICOLO II.

§ 208. *Di alcune cure elettriche.*

In questo secondo capo è mio intendimento di esporre l'istoria di alcune cure elettriche a schiarimento degli esposti aforismi e a direzione di quelli che pensano dar mano a questo mezzo terapeutico. Io lo dividerò in alcuni numeri come richiede la natural divisione de' morbi, ai quali con felice successo si è applicata l'elettricità.

I. *Cura di ulceri ribelli.* Nella casa di Dio in Parigi *(Hôtel-Dieu)* un ricovrato era affetto da un'ulcera ad una gamba, ribelle ad ogni trattamento dell'arte. *Becquerel* e *Breschet* pensarono di applicarvi l'elettricità guidati da questo principio. L'ulcera segrega delle materie di natura alcalina; per far cangiare il processo, bisogna applicare sulla piaga l'elettrodo positivo, onde rendere l'ulcera elettro-positiva e farvi giungere incessantemente delle sostanze acide. Così fecero per un tempo sufficiente, e giunsero ad ottenere dall'organo secrezioni di umori di una natura intieramente opposta a quella delle sostanze sviluppate nello stato patologico, e l'organo ritornò ad un perfetto stato normale.

Qual nuovo campo di ricerche e di cure non è aperto alla scienza ed all'arte? Si ripetano anche tra noi le importanti esperienze di *Monro* e di *Humboldt*, che trassero vantaggio nella cura delle piaghe dall'azione decomponente del galvanismo.

II. *Afonie.* Nel novero delle cure di afonia, io ne riporterò una del *Namias* ed una del *Pellegrini*, che seguendo le sagge orme del primo giunse pure a risultamenti felici.

Una figlia nubile di S. E. il sig. C. *Leonardo Manin* di Venezia, Consigliere Intimo di S. M. l'Imperatore d'Austria nel febbrajo del 1840 venne presa da morbillo, e nel secondo giorno dell'eru-

zione perdette intieramente la voce. Il morbillo finì nel solito corso di giorni, ma l'afonia si mantenne, e due volte il medico fece attaccare sanguisughe alla gola e una volta cacciar sangue dal braccio e aprire un vescicante alla nuca senza utilità. Il lichene per trenta giorni, leggiere pustole eccitate alla gola con apposite unzioni, non riuscirono meglio profittevoli. Indarno l'ammalata per un mese trattennesi alla campagna, e indarno tentò l'equitazione. Le purghe mensili e tutte le altre funzioni erano conformi a natura; la voce però sempre ugualmente manchevole. Sospettò il *Namias* di qualche lesione nel sistema linfatico, e pertanto suggerì i bagni d'acqua marina per 24 giorni, ed ordinò pillole di muriato di calce ed estratto di cicuta sempre inutilmente. Molti temevano di tisi tracheale, ma il *Namias* non ne vedeva indizio, anzi credendo ingorgata, dopo il morbillo, la membrana mucosa che copre la glottide, e da ciò impedite anco le azioni dei muscoletti che distendono le corde sonore, volle si tentassero le scosse elettriche. Il conduttore comunicante col polo zinco era applicato alle prime vertebre cervicali, e alla glottide o lateralmente ad essa quello del polo rame. Le strisce di piombo involte in pannolini bagnati toccavano un'estesa superficie delle sopraddette regioni della cute. Si adoperavano trenta o trentacinque coppie; l'apparecchio era il solito a corona di tazze. Le scosse 300 il primo dì, 500 ne' successivi, ma dopo cinque sedute convenne lasciare due giorni di riposo, perchè molto dolore erasi sviluppato alla gola e qualche arrossamento nell'interna sua superficie. Dileguato questo lieve malore si ripigliarono le scosse. Forti erano i movimenti d'innalzamento ed abbassamento della glottide, e le contrazioni de' circostanti muscoli quando l'elettrico invadeva l'ammalata. Dopo due giorni ella provò nella notte molte spontanee scosse alle medesime regioni, in cui eransi cagionate delle artificiali correnti, e la

mattina svegliossi con la naturale sua voce, che da sette mesi aveva perduta, e la conserva e gode tutt' ora di perfetta sanità. Questa bellissima cura dimostrò che l' afonia suddetta non procedeva da flogosi, e che se la membrana mucosa si manteneva ingorgata, come avverte saggiamente il nostro Clinico, l' ingorgo dovevasi ammettere per isfiancamento de' vasellini sanguigni, essendosi tolto con metodo stimolante, che aveva destato dolore ed arrossamento alle parti percorse dalla corrente Voltiana.

Un uomo robusto di 24 anni, offeso nell' onore da un suo compagno, lo uccise: imprigionato, fu preso dopo tre giorni da un accesso epilettico e ne rimase affatto afono, manifestando in tutti i modi il desiderio di esprimersi colle parole; ma non valsero nè le cacciate di sangue locali e generali, nè il tartaro stibiato, nè i drastici, nè la postulazione della cute alla parte anteriore del collo. Corso così un anno e quattro mesi dal principio dell' afonia, il sig. Dottor *Cesare Pellegrini* pensò di adoperare l' elettrico, facendo uso dell' elettromotore del *Volta* a corona di bicchieri di 50 coppie per la prima seduta, di 70 nella terza e nella quarta, e di sole 50 nelle susseguenti. Il conduttore comunicante col polo zinco venne applicato alle prime vertebre della cervice, ed ai lati della glottide quello che stava in comunicazione col polo rame. Le scosse in ogni seduta hanno variato dalle 200 alle 400, ponendo alcuni giorni d'intervallo fra l' una e l' altra seduta. Nelle quattro ultime elettrizzazioni vennero inoltre date 400 scosse alla lingua, essendosi applicato il conduttore del polo rame all' apice di questo organo e quello dello zinco al solito luogo delle vertebre cervicali. Con questo metodo la voce si andò, dopo la quarta seduta, di giorno in giorno restituendo allo stato naturale, di maniera che nella duodecima elettrizzazione l' ammalato aveva già perfettamente riacquistata la voce e la favella.

Il *Namias* ebbe in questa seconda cura fatta dal

Pellegrini una riprova della bontà del suo metodo, che operò come scuotente, rianimando le fibre e togliendo gl' ingorghi delle membrane mucose e spogliando delle estranee sostanze le corde sonore.

III. *Sordità.* Mediante l' elettro-puntura si sono guarite varie sordità di parecchi anni, e così pure colla semplice elettricità adoperata come eccitante e risolvente nei casi di paralisi del nervo acustico, e negli ingrossamenti della mucosa del condotto uditivo e parmi si possa ancora utilmente applicare nelle incomplete ostruzioni dei passaggi, nei sedimenti di materie e trasudamenti linfatici al nervo acustico, nelle raccolte di fluidi alle cellule mastoidee, alla cavità del timpano ed alla tuba eustachiana, come pure in qualche durezza del nervo; imperocchè l' elettrico trasporta, decompone e rammollisce. Ma quanta sapienza non occorre nella diagnosi del morbo, e nella applicazione della elettricità? Crederem noi ch' ella possa tornar utile, allorchè la sordità è prodotta da anomalie nella struttura delle parti, da disorganizzazione o da laceramento del nervo acustico, o dalla infiammazione delle gingive, o da irritazione del nervo dentario? Intendano l' importanza di questo precetto gli esercenti dell' arte: e in luogo di conchiudere, con un professore ignorante nella elettricità, che le prove del galvanismo sono sempre più mancanti e questionabili, incolpino sè stessi della irragionevolezza delle loro applicazioni. Nei casi poi, ne' quali gli ammalati sono molto irritabili, sottoposti a vertigini, ad epistassi e a gravi afflussi di sangue alla testa, l' uso dell' elettrico può tornare ancora nocivo. Io direi coi sapienti dell' arte: *qui non è indicato.* Confesso che ne' pochi casi di sordità che mi si presentarono, io non posso chiamarmi il più fortunato e felice; ma dimanderò, in questi casi quale sia stata la diagnosi de' chirurgi?

Il *Pegher*, professore di fisica a Zara, mi assicurò tuttavia essersi colà fatta una cura con felice risultamento: e di altrettanto io vengo assicurato dal mio

illustre collega sig. *Ambrogio Dr. Fusinieri*, che usò prudentemente della scarica della bottiglia di Leida, applicando gli elettrodi alle regioni delle apofisi mastoidee. Parecchi casi vengono ancora ricordati nei giornali di Terapia; e parmi che il metodo migliore in quest' organo così dilicato sia di valersi di correnti discontinue e blande, procurando che l' elemento del tempo supplisca all' intensità dell' azione. Questi esperimenti vogliono essere diretti dalla prudenza la più scrupolosa, richiesta dalla vita de' nostri fratelli affidata all' arte salutare. Gli elettrodi avranno ad applicarsi o alle apofisi mastoidee o alla tromba di Eustachio o al meato uditivo; in una parola alle estremità della sede del morbo, per poterlo più facilmente debellare. Il signor dottore *Namias* nell' anno 1841, tentò l' elettricità nel signor Console francese in Venezia, facendo le comunicazioni coi due meati uditivi. Volevasi combattere una sordità, che per altro non porgeva speranza di guarigione, attese le strumentali alterazioni che il medico temeva avvenute in quegli organi per la diuturnità del malore e per la violenza de'mezzi in addietro praticati. Nondimeno essendo innocuo il tentativo, e desiderandolo pure il malato, il medico non esitò a prescriverlo : l' elettrico mosso da trenta coppie di uno de'suoi consueti apparecchi a bicchieri fu condotto ne' meati uditivi mediante strisce di piombo, le quali nelle estremità che introducevansi nell'orecchio erano avvolte in pannolini bagnati. Dopo cinque minuti di corrente continua interrompevasi il circolo, e così per cinque o sei volte. La cura venne continuata pel corso di un mese senza profitto nè danno : il signor Console al chiudersi del circolo sentiva un suono come quello della rottura di una corda ; finchè restava chiuso il circolo, un senso di calore e tinnito agli orecchi.

Il sig. dott. *Demarchi* di Torino, introducendo negli orecchi di un sordo correnti elettriche mosse da una Pila Voltaica di venti coppie, gli cagionava du-

rante l'azione di queste, tinnito, arrossamento della faccia, lagrime agli occhi e generale malore. Dal meato usciva poscia una copiosa separazione di materia giallognola e la membrana che lo investe, dopo alquanti esperimenti, s' infiammò. E questo, soggiunge il *Namias*, è vantaggio ottenuto coi circoli elettrici, i quali, oltre favorire la risoluzione della mucosa del condotto uditivo forse alquanto ingrossata, potrebbe aver decomposto il cerume indurito ed apparecchiatane l' espulsione. Le correnti continuate deggiono certo produrre, come dicemmo, chimici alteramenti, che le istantanee non possono per la loro rapidità ugualmente apportare; ma siccome gli effetti dei circoli sono, a cose uguali, più temibili di quelli delle scosse, così crederei preferire queste a quelli, supplendo alla loro minore energia chimica colla perseveranza nella cura.

IV. *Cecità*. La cecità è un effetto di molte malattie, come è ben noto alla scienza; e sarebbe solenne pazzia il solo pensiero di colui che volesse tutte curarle coll' elettrico. Costui darebbe a divedere di non conoscere la patologia oculistica e la potenza dell'elettrico risguardato come mezzo terapeutico. Talune che dipendono da paralisi del nervo ottico, da albugini e nubecole della cornea, da opacità della lente e della capsula, furono perfettamente guarite; ma nella diagnosi di queste malattie quanto non sono incerti sovente gli stessi sapienti dell' arte? Numerose sono le cagioni e non di rado di troppo complicate da poterne istituire una perfetta analisi completa. Egli è per questo che il dotto procede con prudenza, rinfranca gli ammalati con riservatezza, e il semidotto di tutto baldanzosamente confida, e sicura guarigione promette agli infermi. Come mai si vorrà curare coll' elettrico quella specie di amaurosi che è prodotta da pienezza preternaturale e da dilatazione de' vasi sanguigni del cervello o dell' occhio? da soppressioni emorroidali? da qualche irritazione non naturale? da affezioni del basso ventre? da idro-

cefalo? ecc. Coll' elettrico si accecherà del tutto, chi non è cieco che per metà. Nè se ne dovrà incolpare l' elettrico, ma bensì il perito dell' arte, che l' applicò ne' casi ne' quali non era indicato dalla natura. L' applicazione dell' elettrico nelle amaurosi richiede grandissime precauzioni, e le più sapienti diagnosi. Qualche volta si affida l' infermo ad un elettricista., allorchè sono esausti tutti i rimedi dell' arte, senza averne potuto istituire da prima una scientifica diagnosi. Certo medico un dì mi diceva, che una cecità indicandomene la persona, proveniva da amaurosi o da gotta serena, ma l' esperienza mi convinse che la diagnosi era sbagliata. La persona vedeva il lampo Voltaico; ed è certo che i ciechi per amaurosi non vedono il bagliore, allorchè si fa scorrere l' elettrico per l' occhio, mentre lo vedono i ciechi per cateratte o per altri vizii degli umori. Non so, dice il *Marianini*, a cui devesi la scoperta di questo criterio se i chirurghi ne facciano uso, allorchè sono dubbiosi nel pronunciare se una cecità provenga da vizio de' nervi o da vizio degli umori dell' occhio. L' applicazione è facilissima, l' argomento è importante da meritare l' attenzione dei medici e dei chirurghi. La storia dell' arte ci fornisce molti esempi dell' utilità dell'elettrico sapientemente applicato; per cui, senza contrasto alcuno, si deve annoverare fra i soccorsi terapeutici indicati nella guarigione delle cecità. Senza ricordare esempi di amaurosi curate colla elettricità negli andati tempi, come da *Grapengiesser* nel caso d' indebolimento e della gota serena incompleta, diremo che due storie di amaurosi curate con felice successo dal sig. dottor *Finella* vengono indicate nel Diario del Congresso scientifico di Milano; e bellissime cure di alcune malattie organiche dell' occhio intraprese nello stabilimento Ottalmologico dai signori dottori *Crussel e Lerche* vengono ora riferite dai Giornali Scientifici.

La prima cura è stata eseguita in una nubecola della cornea ribelle a tutti gli altri mezzi terapeu-

tici. Il soggetto era un uomo di 68 anni. L' apparato consisteva in alcune coppie di râme e zinco: due fili di ferro, che comunicavano uno colla piastrina di rame e il secondo con quella di zinco, formavano i due poli dell' apparato galvanico. Il primo fu posto in comunicazione colla nubecola, il secondo colla lingua dell' ammalato, e fu così mantenuta la corrente per due minuti di seguito. L' ammalato non diede segno di dolore e l' operazione fu replicata nello stesso modo dopo tre giorni. Si osservò un visibile cangiamento nella cornea e l' ammalato assicurò di aver più distinta di prima la percezione della luce. Ad uguale risultamento pervenne ancora il sig. Dottore *Cesare Usiglio*, medico di Corfù, nelle nubecole renitenti agli ordinarii mezzi, e crede con tutta probalità che possano tornar utili eziandio in alcune albugini.

Le altre cure furono eseguite sulle cateratte. Un individuo fabbro di quaranta anni era stato operato con successo nell'occhio sinistro. Nel destro egli aveva una cateratta capsulo-lenticulare, la quale era stata operata due volte, ma inutilmente colle depressioni e collo sminuzzamento. Il suo volume era considerevole e la pupilla irregolare e quasi immobile; vi esisteva per altro percezione di luce. Il polo negativo si fece comunicare colla lente cristallina mediante un ago, e il polo positivo colla lingua. Era trascorso appena un minuto, quando con somma sorpresa degli astanti la cateratta cominciò a gonfiarsi enormemente, e si spezzò in tre parti, delle quali una cadde nella camera anteriore. Si formò uno spazio triangolare nella pupilla perfettamente nero, attraverso il quale l' operato potè discernere alcuni oggetti che gli furono presentati. L' operazione, che durò un solo minuto, non recò molestia alcuna all' ammalato, nè venne susseguita da alcuna infiammatoria reazione. Il sig. *Lerche* sperimentò questo processo in varj altri individui e sempre venne assistito dal sig. *Crussell*, a cui si attribuisce l'onore dell' invenzione; ma in taluni di questi nacquero

delle forti reazioni, che abbisognarono dei pronti sussidi dell' arte. In conferma di ciò basti il fatto seguente.

Un villico di 48 anni, debole e cachettico, soffriva di ambliopia amaurotica nell' occhio destro, mentre il sinistro era affetto da cateratta capsulo-lenticolare con sinecchia posteriore. Due volte nel settembre e nell' ottobre del 1841 fu tentata l' operazione per isminuzzamento, la quale nòn riuscì a motivo delle aderenze organiche estese, e della tenacità della capsula. Il giorno 17 novembre si tentò il galvanismo alla presenza di molti medici, fornito da un apparato a bicchieri. Dopo mezzo minuto si sciolse l' aderenza interna e la cateratta incominciossi a gonfiare ed a portarsi verso la cornea. L' ammalato accusò un dolore forte di capo, per cui fu sospesa l' applicazione, che in tutto aveva durato due minuti. Verso sera l' operato accusava un forte dolore nel fondo dell' occhio, che si irradiava a tutto il capo con fotofobia e reazione generale. Si dovette perciò por mano ad un metodo energico antiflogistico. L' avversione alla luce durò molto tempo. L' ammalato per altro poteva distinguere gli oggetti distintamente a luce moderata. Nei primi giorni di dicembre fu ripetuta l' operazione, avendo avuta la precauzione di diminuire la forza dell'apparato e di non lasciarlo agire che un solo minuto. La vista migliorò fino a un certo punto, ed alcuni frammenti della cateratta rimasero nel campo pupillare. Dilatata con la belladonna la pupilla, si potè riconoscere che uno di questi frammenti era rimasto aderente mercè alcuni filamenti all' iride, e lo si allontanò mediante un ago da cateratta. Questa piccola operazione riuscì perfettamente e l' operato lasciò l' istituto pienamente soddisfatto.

Il sig. *Lerche*, quantunque dalle cure fatte cònchiuda che il galvanismo è un mezzo terapeutico utilissimo in alcune malattie organiche dell' occhio, tuttavia non manca di osservare che la sua applica-

zione richiede molta circospezione, e che pel momento non sia da impiegarsi che in quelle specie di cateratte, le quali nello stato attuale della ottalmojattria non si potrebbero operare con speranza di successo cogli altri metodi comunemente usati. In due degli operati dovette ricorrere all' operazione dell' ago per rendere completa la guarigione; ma non fu che col mezzo del galvanismo che quelle cateratte furono suscettive di cura. La terapia ha tuttavia bisogno di conoscere il grado di forza della Pila necessario da impiegarsi e la durata dell'applicazione. Il che non può essere che il frutto di una esperienza più lunga e di un esame più profondo.

A questo fine eccitiamo i valenti dell'arte salutare a ripeterne gli esperimenti, limitandosi per ora ai casi pe' quali gli ordinarj mezzi sono inefficaci; ma abbiano tutta la cura di far uso di deboli correnti eccitate da pochi elementi di piccola superficie e montati con liquidi, come acqua salata, che hanno una debole azione; perchè l' elettrico, quando è esorbitante, induce uno stato flogistico nell' occhio e gravi sconcerti nel cervello. Nella cura delle albugini e delle nubecole, abbiano tutta la diligenza di non mettere mai la cornea a contatto immediato del metallo polare, come abbiamo raccomandato, e veggano bene di non prendere abbaglio nella determinazione del polo negativo che vuolsi applicare all' occhio; perchè invece di apportar giovamento, potranno produrre l' accecamento totale senza speranza alcuna di guarigione. È più facile produrre l' opacamento della cornea, che ridurre la cornea allo stato normale per via dell' elettrico.

V. *Tic doloroso.* Questa malattia, che consiste in parosismi violenti più o meno, lunghi, affligge più di frequente i filamenti di quel ramo del quinto paio che esce dal foro infra-orbitale, ma talvolta anche gli altri rami del quinto paio, e talvolta ancora numerosi filamenti della porzione dura del nervo auditorio che si distribuiscono sulla faccia. Per cui il

tic doloroso si divide in *nevralgia frontale*, *sotto-orbitale*, *mascellare* e *nevralgia del nervo faciale*. Nella nevralgia frontale il dolore incomincia d'ordinario al foro sopra-orbitale, nella nevralgia sotto-orbitale incomincia a farsi sentire intorno al foro sotto-orbitale; nella nevralgia mascellare d'ordinario comincia a manifestarsi intorno all' orificio anteriore del canale del mento; e nella nevralgia del nervo faciale da principio i dolori si manifestano al passaggio de' rami principali della porzione dura del nervo uditorio fra la glandola parotide e il ramo della mascella; donde il dolore successivamente si propaga nella faccia e nella parte corrispondente del capo. È della più grande importanza la notizia della sede della prima manifestazione del dolore; perchè nella cura elettrica bisogna procurare che la parte nervosa affetta dal tic, sia sempre compresa entro al circolo elettrico. Io ho trovato vantaggioso di applicare il polo positivo alle diramazioni del nervo addolorato, e il polo negativo al tronco del medesimo, facendo uso degli indicati piumacciuoli bagnati. L'apparato di *Volta* a corona di tazze non ha mai oltrepassato sedici coppie di rame e zinco della superficie di cinque centimetri montato con acqua satura di sal comune; e più d'ordinario usai dalle sei alle dieci coppie, secondo il grado di sensibilità delle persone. L'elettricità fu sempre da me somministrata a scosserelle, frapponendo nel numero di 50, due o tre circoli, in tutto impiegando due minuti all' incirca. Per ogni seduta io non oltrepassai il numero delle 200 scosserelle: essa durava all' incirca un' ora, e gl' intervalli di tempo erano occupati istruendo e ricreando lo spirito intorno alla scienza elettrica. Il tempo della cura fu all' incirca dai 18 ai 30 giorni con una sola seduta per giorno. Nei casi di tic doloroso, che mi si presentarono, io posso coscienziosamente affermare che a nessun individuo l'uso dell' elettrico riuscì pernicioso, anzi a tutti più o meno utile, mo-

derando per lo meno l'acerbità dei dolori. V'ebbe una persona che sentendosi sotto l'applicazione dell'elettrico sollevata dai fieri parosismi, proruppe dicendo: *mi par ora di essere in paradiso.* Una nevralgia mascellare, che da più anni aveva resistito ai rimedj più eroici dell'arte, in capo a diciotto giorni cessò intieramente; ma dopo alcuni mesi si fece un po'sentire, e sotto l'applicazione dell'elettrico svanì totalmente, senza manifestare più alcun sentore nell'intervallo di tre anni. Una nevralgia del nervo faciale fu curata con piena soddisfazione della persona in capo a 26 giorni all'incirca; essa era insistente da cinque anni e ribelle ad ogni cura dell'arte salutare. Una nevralgia sotto-orbitale inveterata da quattordici anni, sotto l'azione galvanica si moderò da essere tolti del tutto gli accessi spasmodici; l'ammalato diceva di aver guadagnato l'ottanta per cento: non rimaneva alla fossa nasale sinistra che un leggiero addolentamento, il quale sotto la cura elettrica ora svaniva ed ora cangiava di posto. Questo ancora conveniva debellare; ma l'individuo avvisando avere ottenuto abbastanza, non si lasciò più vedere per togliersi forse dall'obbligo di un ringraziamento, al quale non prestavasi l'animo suo. Io m'ebbi però la più nobile ricompensa nel testimonio della mia coscienza di avere alleggerito un dolore al mio fratello. Conosco che questi casi non sono nuovi ai ministri dell'arte salutare.

VI. *Paralisi.* Nella cura delle paralisi ha precipuamente trionfato l'elettrico. I felici risultamenti ottenuti a' nostri giorni dal *Marianini* e dal *Namias* in Venezia, dal *Matteucci* in Pisa, sono così luminosi da convincere ogni Aristarco il più pertinace. Io non ricorderò che due cure da me fatte in Venezia nelle persone del sig. Dottore *Luigi Berlese* e della signora *Elisabetta Menegazza.* Il sig. *Luigi Berlese* si era sottoposto alla cura del ghiaccio, per far tacere i dolori articolari, che nelle estremità inferiori fieramente lo travagliavano: ne conseguì l'effetto,

ma con perdita della sensibilità incominciando dalla regione sacrale, e con perdita ancora di moto nell'arto destro. Tutti i soccorsi dell'arte furono inutilmente applicati, e in fine del 1841 volle sottoporsi alla cura elettrica. Parecchi de' nostri valenti medici furono d'avviso che la elettricità dovevasi applicare alla midolla spinale, in cui avvisavano essere la sede del male. Tutta la colonna vertebrale impertanto fece parte del circuito e la corrente era diretta dal basso all' alto. L'elettromotore era a corona di tazze con coppie di rame e zinco della superficie da cinque a sei centimetri, montate con acqua satura di sal comune. Incominciando dalle dieci coppie, successivamente si procedette fino alle novanta, senza che l'ammalato si accorgesse dell' azione elettrica. Ma come si giunse alle novantasei, ad un tratto s'incurvò, dibattè i denti accusando un profondo e vivo dolore. Interrotto il circolo, lasciato riposare l'infermo, non poteva sostenere neppure dieci coppie. Conscio delle triste conseguenze de' circoli elettrici, io desistetti dall'applicazione della elettricità alla colonna vertebrale, ancorchè venissi esortato dai medici che si trovavano presenti in mia casa alla cura. Indicai loro i pericoli che sovrastano nell'applicazione dell' elettrico ai centri massimi, e che volendo essi tuttavia rinnovare l' esperimento, l'avessero ad istituire nelle loro abitazioni senza la mia presenza, concorso o cooperazione. Ma l' ammalato non acconsentì di essere soggetto di prove e di ricerche, ed amò che io gli somministrassi l' elettricità in quelle misure e in quel modo che ora passo a descrivere. La cura fu eseguita nel luglio del 1841 nel gabinetto di fisica di questo I. R. Liceo. Intervenivano a quando a quando i signori medici *Fario* ed *Obad*, che volevano prendere esatta notizia del metodo elettrico che io teneva. Ad una striscia di panno lano larga 10 centimetri io feci cucire altra di stagnola, e con questa applicata alla pelle feci cingere all' ammalato le regioni del basso ventre,

iliaca e sacrale; porzione di questa striscia rimaneva all' infuori pendente; l'altra striscia metallica io feci applicare alle dita di quella gamba che voleva elettrizzare. Una bottiglia della superficie armata di 0^m 48, io caricava dai quattro agli otto gradi di *Henly*, e dirigeva la scarica dalla gamba alla coscia. Io ho cominciato dall'amministrare nelle prime sedute dalle otto alle dieci scosse. Susseguentemente dalle quindici alle venti, e non ho mai oltrepassato il numero delle trenta nell' elettrizzamento giornaliero di ciascuna gamba. Esso fu continuato per venti nove giorni. Nell' arto colpito da paralisi completa, il moto fu il primo a manifestarsi; a questo tenne dietro lo sviluppo del senso in ambedue le estremità, che di giorno in giorno acquistava di forza e si estendeva a tutte le parti paralizzate. L' ammalato fu pienamente soddisfatto della cura, avendo acquistato e senso e moto da poter camminare da sè senza bisogno di bastone e sostegno del servo. All' elettrizzamento feci tener dietro le fangature ed i bagni; e tuttavia si conserva in tale stato da doversene contentare, senza ricadute e senza avere più avuto bisogno dell' uso elettrico. Certo nelle gambe si mantiene tuttavia una radical debolezza, ma il rimedio per questa è da attendersi da altre cure. La sensibilità si può dire che si è un po' esaltata da risentirsi dei cangiamenti atmosferici, e precipuamente dei grandi sbilanci elettrici. Effetto che non è nuovo alla scienza. Non solo l' azione molte volte ripetuta di piccole correnti elettriche rende i nervi più sensibili alle medesime, come discoperse il *Volta* e confermò il *Marianini*, ma altresì l' azione istantanea e violenta di una corrente fortissima. Ne somministra una prova il singolare fenomeno osservato e descritto dal chiarissimo mio collega Dottor *Fusinieri* di un individuo, il quale dopo di essere guarito dalle ferite e dalla paralisi prodotta nel braccio sinistro da un fulmine, ogni volta che l' atmosfera veniva a caricarsi fortemente di elettricità, eccitavasi in quel

braccio una viva sensazione di calore, accompagnata da diminuzione di moto e da dolore, ed altrettanto accadeva per una piccola scossa data colla bottiglia di Leida.

Dalla accresciuta sensibilità traggono alcuni argomento di vantaggi ottenuti, subito dopo le prime elettrizzazioni. Ma sebbene in alcuni casi questo sia il primo indizio di miglioramento, in altri però non è sicuro criterio di futura guarigione. Gioverà lasciar l'ammalato nella sua illusione; ma l'elettrizzatore non ne deve partecipare. Deve inoltre lo stesso badar bene, come avverte il *Marianini*, che le contrazioni più forti non provengano dall'esser l'apparato più attivo di quello che fosse ne' primi giorni, o perchè meglio isolato, o perchè sieno meglio stabilite le comunicazioni coi poli dell'elettromotore. Il *Berlese* non si lasciò illudere dall'accresciuta sensibilità, dall'acquisto di alcuni movimenti che prima non faceva; continuò con perseveranza nell'elettrizzamento fino alla compiuta guarigione. Egli mi dimostrò e mi conserva tuttora i sensi della più rara benevolenza, e ritrovai in essolui un amico prezioso al mio cuore.

Elisabetta Menegazza, cameriera della nobile signora *Querini* di s. Leonardo in Venezia, nel 21 novembre del 1840 all'atto di chiudere una finestra ricevette nel carpo della mano destra una grave contusione dal catenaccio dell'imposta, che da un impeto violentissimo di vento le fu spinta contro. In sull'istante ella perdette senso e moto nei tre diti pollice, indice e medio, con abbondante effusione di sangue. Tutti i soccorsi dell'arte le furono prestati nell'intervallo di sei mesi senza alcuna utilità; e nel settimo fu visitata dal sig. dott. *Mandolino Asson* valente anatomico. Egli tentò per più giorni l'agopuntura, ma senza vantaggio; nel luglio del 1841 all'uso degli aghi pensò aggiugnere quello della elettricità. E a tal uopo mi fece istanza, perchè gli allestissi in mia casa un elettromotore. E da questo

passo, che io da principio entro come testimonio dell'applicazione dell'elettro-puntura fatta dall' *Asson*, e di poi come unico e solo terapeutico elettrico. « All' uso degli aghi, dice l' *Asson*, fu aggiunto quello della elettricità, incominciando dall' applicare sole otto coppie della corona di tazze Voltaica fino alle sessanta. A tal uopo si piantava un ago al sito della cicatrice, quivi tenendolo fisso ; e l'altro s' andava portando e si faceva passare pei varii tratti delle parti paralizzate. Si variò pure in altra guisa l' esperienza piantando l'ago fisso in altro punto. Le parti si riscaldavano, il colore di pavonazzo facevasi rosso più chiaro. Avvenne infiammazione alle dita, per cui si dovette sospendere l' elettro-puntura. Si passò quindi all' uso della elettricità colla corona stessa di tazze, applicata immediatamente sopra le dita, senza l' intermezzo degli aghi. Per tal modo si ottenne la guarrigione, avendo la donna acquistato il calore, il senso ed il moto alle dita, per guisa da poter cucire con la facilità medesima che prima faceva.» Fin qui l'*Asson*. Ora vengo io a dare l'istoria completa di questa cura, che non potè dare l'*Asson*, siccome quegli che non vi prese parte alcuna, poichè abbandonò la *Menegazza* dichiarandola incurabile, come risulta dalla ripetuta testimonianza del nobil uomo sig. *Alvise Querini*, padrone della guarita *Menegazza.*

Non è mio intendimento di dare biasimo e mala voce all' *Asson*, perchè si è attribuita una cura che non fece (1); ma di poter essere di vantaggio all' uma-

---

(1) *La prova di quanto affermo emerge dalla seguente lettera scrittami dal chirurgo sig.* Bonagamba, *amico del dottore* Mandolino Asson.

Preg. Sig. Prof.

La giovane da lei guarita mediante l' elettricità si chiama Elisabetta Menegazza *d' anni* 24. *La storia di questo caso è mentovata dal dott.* M. Asson *nella*

nità sofferente e alla scienza, colla narrazione di una storia esatta e fedele. La *Menegazza* nel giorno che mi venne presentata dall' *Asson* aveva paralisi completa di senso e di moto in tutte e tre le dita, pollice, indice e medio: la paralisi di senso si estendeva a tutta la parte palmare della mano, e nella parte dorsale giugneva fino al metacarpo, in cui una forte pressione produceva una qualche leggiera confusa sensazione; il semplice contatto però de' corpi non era avvertito: alle tre dita mancava la nutrizione, il colore era cupo oscuro; la temperatura diminuita in confronto delle altre dita. La giovane più volte testimoniò che l' acqua bollente e perfino le bragie accese non le arrecavano alcuna sensazione. Era il senso della vista o dell' odorato che avvertivala che si abbruciava viva. Sotto L' azione dell' elettro puntura rimanevano rigide le dita, senza cangiamento di colore e senza aumento sensibile di temperatura; un copioso sudore freddo appariva sulle parti paralizzate comprese nel circolo, e un dolore vivo accusava sotto la corrente elettrica alle parti nelle quali erano infissi gli aghi. E queste parti si gonfiavano appresso, da dover sospendere per due o tre giorni la cura. Rinnovata l' elettro-puntura quattro volte senza alcun vantaggio sensibile, l' *Asson*, come dicemmo, abbandonò la *Menegazza*; dichiarando essere incurabile, perchè i nervi del senso e del moto avevano sofferto delle gravi lacerazioni, come mi dichiarò alla presenza di varie persone. Pregato dalla *Menegazza* a volerle amministrare la semplice elettricità, il giorno

---

sua opera, Annotazioni Anatomico-patologiche e pratiche intorno le chirurgiche malattie, Vol. II, pag. 436.

Mi creda quale ho l' onore di dirmi

Di casa li 12 dic. 1844.

Suo Umilissimo
BONAGAMBA

susseguente alla dichiarazione dell' *Asson* io incominciai la cura. L'elettromotore a corona di tazze era lo stesso, che io ho superiormente descritto. Ho chiuso il circolo applicando il polo positivo alle estremità delle dita, pollice, indice e medio; e il polo negativo al di là del carpo, ove era la cicatrice della ferita. La corrente era mantenuta da 40 coppie, che aumentai sino alle sessanta. La prima elettrizzazione durò quindici minuti, ne' quali l'elettricità fu amministrata a scosserelle, con tre o quattro circoli che alle stesse frapposi. La traspirazione cutanea fu abbondante; la giovane accusò la sensazione di calore alle regioni polari; ed aperto il circolo, potè piegar quelle dita, che da sette mesi erano rimasti rigide ed immobili sotto l'impero della volontà. Il sig. dott. *Obad* era presente a questa elettrizzazione. Ci parve vedere il dito di Dio nel magistero della natura.

Continuata l'elettrizzazione per otto giorni, il movimento si rese maggiore sotto l'impero della volontà, ed il colore incominciò a perdere di quel cupo primitivo; ma tuttavia era priva delle percezioni del tatto e delle sensazioni del calorico. Ella non si accorgeva di essere toccata nelle parti paralizzate; nè alcuna sensazione provava al toccare o il ghiaccio o l'acqua bollente; non fu che dopo i quindici o sedici giorni di elettrizzamento, che incominciò a manifestarsi il senso del tatto; e verso i venti giorni a destarsi le sensazioni del calorico. Di qui sempre più crebbero di bene in meglio, e in capo all'incirca di quaranta giorni i movimenti erano pronti; l'applicazione del pollice all'indice e medio si compiva con forza da poter cucire con facilità; il senso del tatto era pienamente sviluppato, e le sensazioni del calorico erano giunte al grado da poter distinguere la temperatura dell'acqua appena estratta dalla cisterna, da quella che nel giorno antecedente era stata cavata e conservata nella cucina.

Non sarà del tutto inutile che io osservi che in

due giorni, in cui pe' miei doveri scolastici io non ho potuto amministrare l' elettricità alla *Menegazza*, fu applicata dal sig. dott. *Obad*; e la giovane accusò dolore al carpo ed alle dita, e indebolimento di moto. Interrogati il sig. dott. e la giovane sul modo con cui venne amministrata l' elettricità, conobbi che la corrente fu applicata dal carpo alle dita: ella era diretta mentre io l' amministrava inversa, cioè la corrente positiva era dalle dita al carpo. Nòn debbo neppure dimenticare che ne' giorni di grande disquilibrio elettrico la mano era molto sensibile alla elettricità, e che ne' giorni ventosi provò un qualche lieve dolore. Del resto la *Menegazza* si rinvigorì nella mano sempre più da poter attendere a' suoi lavori colla medesima facilità che prima aveva. Visitata da me il giorno 15 dicembre 1844, mi assicurò ch' ella non perdette mai di quel beneficio che aveva ricevuto, e che non le era rimasto alcun impedimento nell' esercizio delle dita, o imperfezione nel senso del tatto.

Ora debbo notare alcune particolarità, che altamente interessano la fisiologia e la terapia. Noi vedemmo, che il moto è stato il primo a manifestarsi; a questo tennero dietro le percezioni del tatto, e finalmente ne vennero le sensazioni del caldo. E per tali effetti ho notato tornar vantaggiose le correnti inverse, e nocive le correnti dirette. Il medico pratico apprende ancora da questa cura, che in alcuni casi ne' quali non è indicato l'uso dell' ago puntura, o dell' elettro-puntura, non dee trascurare l'applicazione del semplice elettrico, il quale di più è mezzo *neuroscopico* ne' casi in cui muto o silenzioso rimane l' anatomico sublime, o è tratto in inganno da contusioni, ferite o lacerazioni.

VII. *Effetti ottenuti col trasporto di sostanze medicamentose.* Il nostro *Pivati* giureconsulto ed appassionato cultore della fisica, partendo dalle più sagaci osservazioni relative al vario colore, odore, sapore, prodotto dalle scariche a norma che sono tratte da varii corpi inorganici ed organici, pensò pel primo

ad introdurre, mercè le scariche stesse, alcune sostanze medicamentose entro l' umana macchina vivente.

E comechè questa idea del *Pivati* abbia levato alto grido di sè in Italia e fuori, ed abbia avuto dei valorosi sostenitori, tuttavia ella non potè guadagnarsi l' universalità de' medici e dei fisici, poichè gli asseriti risultamenti non poterono aversi dai più distinti fisici dell' Inghilterra e della Francia; onde la nuova dottrina medica infusoria morì nel suo nascere, e per lunga serie di anni si tacque intieramente dai dotti intorno a questo argomento. Forse il metodo di esperimentare non troppo filosofico, le soverchiamente ampliate ottenute guarigioni, furono causa che i medici condannassero ad una dimenticanza il metodo del valente nostro *Pivati* (1); e non fu che dopo le originali scoperte dell' illustre *Fusinieri* sul trasporto della materia ponderabile nelle scariche elettriche, che il celebratissimo professore *Brera* avvisò di valersi di questa facoltà propria dell' elettrico per introdurre entro l'umana macchina vivente particolari principj medicamentosi disciolti dalle correnti stesse, anzichè applicati sotto l' influsso delle medesime in istato di composizione farmaceutica. Al *Brera* tennero dietro il *A. De Moulen*, il *Rossi*, il *Grimelli*, il *Magrini*, il *Comelli*, e molti altri valenti della Germania, della Francia e dell'Inghilterra. Io non sarei così breve se volessi qui riferire quanto è stato tentato e scritto su tal argomento. Il *Grimelli* nell' applicare le scariche dell' elettromotore Voltaico in due individui affetti da emiplegia con difetto di solo moto, gli accadde di osservare gli effetti prodotti da principj metallici salini procedenti dagli applicati conduttori a striscia di

---

(1) *Zantedeschi*, *Memoria I. Del Trasporto della materia ponderabile nelle correnti elettriche, letta all'Ateneo Veneto il giorno* 11 *gennaio*, 1841.

piombo, e trasportati dall' elettrico nell' interno del corpo infermo. Questi principj sono suscettivi di operare in tenuissime quantità; e a seconda della varia sensibilità e disposizione individuale sono capaci di promuovere sul tubo gastro-enterico ora affezione cardialgiaco-colica, ora moto di catarsi o flusso intestinale. In due individui che avevano giornalmente bisogno di argomenti lassativi, fu osservato dal *Grimelli*, e da' suoi amici Dottori *Riva* e *Martini*, che nei giorni della elettrizzazione il ventre soleva farsi aperto indipendentemente dal consueto clistere: così parimente nei tratti della cute, sui quali sono applicate soluzioni acidule insieme col polo negativo dell' elettromotore Voltaico, si risente il più vivo dolore e bruciore a quel modo che operano gli acidi che irritano i nervi, e talora anche si producono escoriazioni particolari a foggia di ustioni. Inoltre sembra al *Grimelli*, che per simili principj aciduli, irritativi ed astringenti, le vecchie ulceri atoniche si giovino dell'applicazione sulle medesime di tessuti intrisi di soluzione di cloruro di calcio con soprappostovi un metallo elettronegativo, o sia una lamina d' argento comunicante, mercè filo metallico, con altra lamina di zinco applicata sopra un prossimo tratto della cute. Il *Comelli*, introducendo nel corpo dell' infermo il deuto-cloruro di mercurio, con l' azione della Pila giunse a curare una ostinatissima paraplegia e cefalea con esostosi al capo, che da più di otto mesi si mostrò ribelle ad ogni rimedio.

VIII. *Del tetano.* « Le contrazioni della rana, dice il *Nobili*, moltiplicate al segno di produrre un tetano artificiale, si hanno interrompendo e ristabilendo il circuito ad ogni momento. In queste interruzioni e ristabilimenti il nervo cangia continuamente di stato, passando bruscamente dallo stato naturale all' alterato, e da questo a quello alternamente. È dunque probabile che anche il tetano naturale sia dovuto ad alternative di questo genere, indipendenti

da qualunque principio di disorganizzazione. In tali alternative o passaggi rapidi da uno stato all' altro, le fibre del nervo saranno, io suppongo, in continua agitazione; e questa sarà probabilmente la causa fatale, la quale eccitando continuamente il sistema nervoso cagiona la morte dell' individuo, appunto per tenere in continuo esercizio un sistema destinato pure dalla natura a godere i suoi momenti di riposo.

« Nel cimentare una rana presa da un tetano il più deciso, osservai due anni fa ch' essa si manteneva in quello stato sotto l' azione di una data corrente, e che rilasciava completamente i suoi membri sotto l' azione della corrente contraria. A quell'epoca replicai più volte l' esperimento, sopra altri individui colpiti da tetano; ma non vidi più mai lo stesso fenomeno, forse perchè adoperai la prima volta una corrente più energica, o perchè il tetano di quel primo animale era per natura o per grado differente da tutti gli altri, o forse per altri motivi che restano ancora da fissarsi distintamente. Certo è che ho ultimamente osservato lo stesso fatto sopra due altri individui, e che per conseguenza esso merita d' essere studiato di nuovo, e seguito in tutte le sue circostanze. Io cito frattanto questo risultato, non già per dedurne una legge, ma solo per dire che l' azione continua delle correnti elettriche in un dato senso od in amendue potrebbe essere lo specifico, il calmante del tetano. E difatti se il tetano proviene, come io presumo, da una agitazione continua delle fibre del nervo, come mai sospendere un tale movimento meglio che con l' azione di una corrente continua, capace di alterare tutta la struttura del nervo senza disorganizzarlo? Potrebbe anche darsi che la corrente continua non fosse capace di frenare l' agitazione tetanica una volta determinata, ma che impiegata prima di questo orgasmo, valesse ad impedirne lo sviluppo. La corrente continua sarebbe in allora se non il rimedio, il preservativo almeno del tetano in tutti que' casi dove si potesse temere

questo terribile effetto. Nè la speranza è così destituita di fondamento da valutarsi per poco o nulla: un fatto ben provato la sostiene validamente. È sicuro che la corrente continua altera il nervo in un certo modo, e che questa alterazione portata a un certo segno resiste con successo alla causa delle contrazioni, perchè quando una rana è stata mezz' ora circa nel circuito di una Pila, essa non si contrae più sotto quello stesso stimolo che la faceva contrarre dapprima. È un fatto in somma fuori di dubbio che il nervo perde una parte della sua eccitabilità, della sua virtù d' eccitare delle contrazioni, quando si mantiene lungamente nel circuito di una corrente: ma le contrazioni non sembrano in generale che un tetano passeggiero; e se la corrente è capace di garantire il nervo da questa specie di tetano, per qual ragione non potrebbe essa avere la stessa virtù per il tetano ordinario? E si osservi bene che nel momento in cui si manifesta sulla rana una convulsione tetanica, allora appunto il sistema nervoso gode di una sensibilità più squisita, come dimostra il fatto delle scosse più vive in quel momento che prima. Ora se i primi momenti di un tetano sono pel nervo momenti d' un eccessivo esaltamento, qual mezzo migliore di prevenire l' effetto, che d' abbassare sul nervo il grado della sua eccitabilità per modo che questa forza non possa più, sotto l' azione delle stesse cause, pervenire al punto che le compete nelle circostanze del tetano? »

E comechè il *Nobili* dichiari, che queste idee gli sembrano seducenti; tuttavia conchiude: « Che ad ogni modo non bisogna lasciarsi illudere, molto meno poi disprezzare de' suggerimenti dettati dalla sana filosofia. Niuno dee arrogarsi i diritti della gran maestra in tutto, l' esperienza. Ad essa sola tocca l' ufficio di confermare o distruggere le conghietture dedotte dai fatti. Io ho esposte candidamente le mie, e candidamente desidero che vengano assoggettate a prove decisive dalle persone dell' arte per servire,

nel caso di qualche successo, a sollievo della umanità. Questo è ciò che dee interessare assai più che non la lusinga d' aggiugnere un qualche sterile risultato alla scienza. »

Il *Grimelli* ed il *Farini* sono della sentenza del *Nobili*. Il primo scrisse che nelle affezioni convulsionarie spasmodiche, le correnti continue elettriche riescono tanto meglio a sciogliere o calmare lo stato convulsivo nevrologico, quanto più promuovono le secrezioni ed escrezioni attorno alle parti affette, come il madore o sudore alla cute soprastante alle parti convulse, o la salivazione e il ptialismo nei casi di odontalgia; e con sua lettera del 12 Gennaio, 1845, mi scriveva: « In ordine a speciali cure di affezioni paralitiche e convulsive tetaniche mediante l' elettrico io tengo parecchie osservazioni con fenomeni singolari e risultamenti siffatti, che mi occorrono in proposito ulteriori esperienze dilucidative. Tuttavolta parmi abbastanza dimostrata l' utile azione scuotente delle scariche contro la paralisi di moto scevra da lesioni cerebrali e spinali, e l' utile azione rilassante e antispasmotica delle correnti nei casi di convulsioni e nevralgie per semplice alterata condizione fisiologica o dinamica dei nervi ». E il sig. dott. *Farini* ebbe a scrivere che una corrente continuata dando luogo ad una specie di paralisi può fare sparire i fenomeni tetanici . . . che si producono per mezzo della stessa corrente, ma trasmessa a ripetute e frequenti scosse; donde inferisce l' opportunità di provare nel tetano la permanente applicazione di elettriche correnti. E il sig. Dottore *Namias* è dell'opposta sentenza: « Io non saprei, egli dice, di leggieri persuadermi che la continuata azione di una causa nocente avesse a guarire il male prodotto da una minore operosità della stessa cagione, in quella guisa che mai non seppi rendermi capace del sistema omeopatico, ma prescindendo pure da ciò, importa riflettere che la rana irrigidita dalle scosse, di cui parla il *Farini*, e liberata dal tetano

mediante lunghi circoli elettrici era, a quanto io penso, uccisa innanzi l' esperimento, benchè fornita ancora di qualche grado di vitalità. Il prof. *Marianini* infatti, notò esistere nei vivi animali una forza tendente a riparare lo stato che i circoli elettrici producono negli organi del movimento; una rana viva da lui per mezz' ora sottoposta all' azione di sessanta coppie elettromotrici, interrotto, e poi di nuovo compiuto il circolo, contraevasi quasi come da prima, ed ugualmente avvenivagli tormentando per 40 minuti le proprie dita con la corrente mossa da un apparecchio di trenta copie. Inoltre non parmi che si possa chiamar di paralisi la condizione, che il circolo elettrico induce nella rana da poco uccisa. Perduta dall' animale l'idoneità a scuotersi secondo una data direzione della corrente, scuotesi assai per la contraria, cioè invertendo i poli dell'elettromotore, e nelle citate osservazioni del prof. *Marianini sopra il fenomeno elettrico-fisiologico delle alternative voltiane* leggesi, *che in alcune circostanze la rana non si scuote nè compiendo, nè interrompendo il circolo con una data corrente, ma pure col tormentarla a lungo in un dato senso la si rende suscettibile di scuotersi colla corrente contraria.* I circoli elettrici lungi dunque dall' indurre paralisi nè meno negli organi motori delle rane trucidate, possono colla loro continuata azione ridonare a quelli la suscettività di scuotersi entro certi limiti per l' azione di una contraria corrente. Nè il fatto del perdere i muscoli degli animali recentemente uccisi dopo alquanto tempo l' áttitudine di scuotersi per l'istantanea azione della corrente contraria, nè tale fatto, io diceva, porge argomento di sperimentare i circoli elettrici negli ammalati di tetano. Nella prova fattane dal chiariss. *Farini*, vedeva è vero, sotto l' azion dell' elettrico, *farsi tranquillo il malato, dileguarsi il trisma, distendersi i muscoli; ma i miglioramenti cessavano mezz' ora circa dopo l' applicazione*, e nella necroscopia trovò la polpa della midolla spi-

nale *alla regione lombare alquanto più molle, ed alla sacrale là dove di coda equina prende il nome, disorganizzata e squagliata all' intutto.* I quali snaturamenti sebbene l'Autore attribuisca all' irritazione per corpi estranei rinvenuti nella gamba di quest' uomo che fu colpito da un' arma da fuoco, irritazione per mezzo dei nervi propagatasi alla midolla spinale, non puossi tuttavolta escludere il dubbio che i circoli elettrici abbiano cooperato a generarli.

Staccata parte del cranio ad un coniglio e posti a far arco di comunicazione tra i poli di un elettromotore due punti degli emisferi cerebrali coperti dalla dura meninge, io vidi nelle recenti mie esperienze un pocolino trapelare alla superficie la rammollita polpa cerebrale e crescere lo scomponimento di questa allorchè tagliata la dura meninge con la pia si facevano direttamente le comunicazioni. I lunghi circoli elettrici quantunque nell' uomo non operino direttamente sulla midolla difesa dalle vertebre da sovrapposti tessuti, non potrebbero scioglierne alquanto l' integrità, scompaginata dalle offese del tetano? Io vorrei pertanto che innanzi ripetere i tentativi nell' uomo si adoperassero gli sperimentatori a rendere artificialmente tetanici gli animali a sangue caldo, ed osservassero se le correnti elettriche in questi agevolino i rammollimenti della midolla, o in qualsiasi altro modo accelerino la morte. I rammollimenti prodotti dall' elettricità nelle masse nervose sono noti per altri fatti registrati negli annali della scienza; tuttavia parmi che in questa parte si ricerchino de'nuovi fatti, i quali mettano in maggior luce le nostre dottrine intorno al tetano: io manco di esperienze, e in un caso solo di *delirium tremens* ho veduto che l' azione de' circoli esaltava lo stato morboso dell' ammalato.

Pongo fine a questa sezione, osservando, che con la elettricità di attrito curai delle sciatiche prodotte da soppressa traspirazione, dei reumi, e dei dolori prodotti da contusioni; e con blande scosserelle Voltaiche dei clavi isterici in pochi secondi svanirono.

Ma a raggiugnere i risultamenti i più positivi molte osservazioni ed esperienze si ricercano, per le quali si addimanda l' istituzione di una clinica speciale per le cure elettriche. Io aveva manifestato questo mio voto all' I. R. Istituto Veneto, leggendo l' 11 agosto, 1844, una mia Memoria sugli effetti fisici, chimici e fisiologici prodotti dalle alternative delle correnti d' induzione della macchina elettro-magnetica di *Callan*, voto che ora veggo esternato dall' illustre *Grimelli*, che alla sua voce unisce l'autorevolissima del valente elettricista sig. Professore cavalier *Marianini*. La nostra Vinegia ricca di sapienti istitituzioni di patria carità, farà sorgere una clinica elettrica, che si potrà dire la prima d' Italia, anzi la prima di Europa. La Presidenza di questo Ateneo, calda del santo amore del vero e del buono ne darà impulso efficace; impulso che sarà accolto con sensi di compiacenza dall' illustre sig. Direttore del nostro Civico Spedale, e avvalorato dall' Eccelso I. R. Governo, che con paterne amorevoli cure promuove tra noi ogni pubblico bene. Io sarò ben contento e fortunato di poter consecrare alcune ore per questa salutare e pia istituzione, e poter dire, morendo, *io ho allievato qualche dolore al mio fratello.* Uniamoci coi nostri voti e con la nostra attività per quest' opera di sapienza e di carità. Il comun Padre celeste, che ha voluto essere chiamato il Padre de' miseri e de' poveri, accoglierà queste nostre fatiche, rimunerandole di celesti benedizioni; perchè, egli disse, tutto che voi farete ad uno di questi meschini, sarà fatto a me stesso. Sorga adunque questa clinica elettrica, della quale a diritto avrà a gloriarsi Venezia, ed emule ne saranno le altre città d' Italia; e per l' onore della scienza e dell' umana ragione si condannino ad una perpetua dimenticanza que' miseri saggi di mesmerismo, che

furono tra noi istituiti nelle tenebre della frode (1); la narrazione de' quali porta l'impronta di una vergognosa impostura e di una stolida illusione.

(1) *Il sig. Direttore* Trois *mi assicurò che per tutto quel tempo che assistette a questi Saggi non si manifestò alcuno di que' fenomeni, de' quali pure si voleva far credere che ne fosse stato testimonio oculare.*

CONCLUSIONE

In questo Trattato del Magnetismo e della Elettricità, io ho seguita la sentenza del *Fusinieri*, che, abbandonate le dottrine di *Franklin* e di *Dufay* sur uno o due fluidi, risguarda il magnetico e l'elettrico come forze inerenti alla materia; ed i fenomeni detti comunemente elettrici, come effetti di particolari stati della stessa dovuti all'azione della forza ripulsiva inerente alla medesima. Io ho abbracciata intieramente questa dottrina sino dal 1843, guidato da una lunga serie di esperienze le più positive, come ho esposte in più luoghi del mio Trattato; ed ho avuta la compiacenza di vedere che una tale dottrina è seguita da *Riess* e da *Elia Wartmann*, che, guidati dalle loro esperienze, ammettono che senza il concorso delle modificazioni dei corpi non v'ha alterazione di temperatura per l'elettrico; da *Faraday*, che riconosce che la materia consiste in centri di fuoco, intorno a cui sono raggruppate le forze; da *Baudrimont*, che dichiara esser convinto da'proprj esperimenti che il calorico, l'elettrico e la luce non sono nè corpi, nè agenti particolari, ma delle semplici proprietà della materia; da *De la Rive*, che scrive che fino ad ora non si è mai separato sotto alcuna forma l'elettrico dai corpi che lo manifestano, e che esiste nella materia una forza od una tendenza espansiva che è la causa dei fenomeni i più straordinarj; da *Grove*, che dopo aver comprovato che il carattere dell'arco tiene alla natura del conduttore o dell'elettrodo, dichiara apertamente che l'elettrico non è che una forza attiva della materia, che non ha una esistenza indipendente, e che non può essere apprezzata che dai suoi effetti nella materia pesante. Io sono persuaso, dice questo insigne Elettricista, che l'elettrico non è un fluido specifico, ma una modificazione (e potrà essere un modo di azione) della materia, e che ogni fenomeno elettrico non è che un cangia-

mento intermolecolare. Le esperienze, eseguite da *Grove* il 7 Febbrajo, 1845 all' Istituzione Reale di Londra, comprovarono evidentemente che la luce puramente elettrica è un sogno de' fisici sistematici. Egli sperimentò con cento elementi della sua Pila, che produceva una luce di tale vivacità, che l'occhio non ne poteva sostenere lo splendore, e che rischiarava tutta la sala, come avrebbe fatto il sole d'estate in pieno meriggio. Ora da due elettrodi di ferro di questa Pila, che nell' aria atmosferica erano vivamente scintillanti, in un vaso di vetro ripieno d'azoto purissimo non ebbe segno di luce, ma qui il gas non può combinarsi con il metallo; frattanto il vapore di questo prodotto dal calorico, l'intensità del quale fu considerabile, si diffondeva nel vaso, e andava in seguito a condensarsi sulle pareti in modo da potersi riconoscere un deposito metallico. Da questo fatto e da molti altri l' Autore conchiude, che la luce elettrica non è una manifestazione di una sostanza imponderabile, ma un trasporto visibile nella materia ponderabile di un conduttore in istato di forte ignizione. Alla qual conseguenza io stesso era stato condotto direttamente da' miei esperimenti. Io ho sempre veduto che la luce elettrica appare nelle parti del conduttore, nelle quali ha luogo la divisione, la fusione e la combustione del metallo; e che in tutte le altre parti vi è sempre oscurità; e col mezzo di un microscopio ho potuto vedere, come vide *Grove*, le particelle metalliche projettate alle estremità, fra le quali avea luogo la scarica. Se la causa di questi effetti non è una forza espansiva, io invito i veggenti ad assegnare altra cagione, non essendo l' elettrico per sè stesso nè luminoso, nè caldo, nè freddo, come ho dimostrato.

FINE DELL' OPERA.

INDICE

DI CIÒ CHE SI CONTIENE

IN QUESTO SECONDO VOLUME

PARTE SECONDA

SEZIONE QUINTA

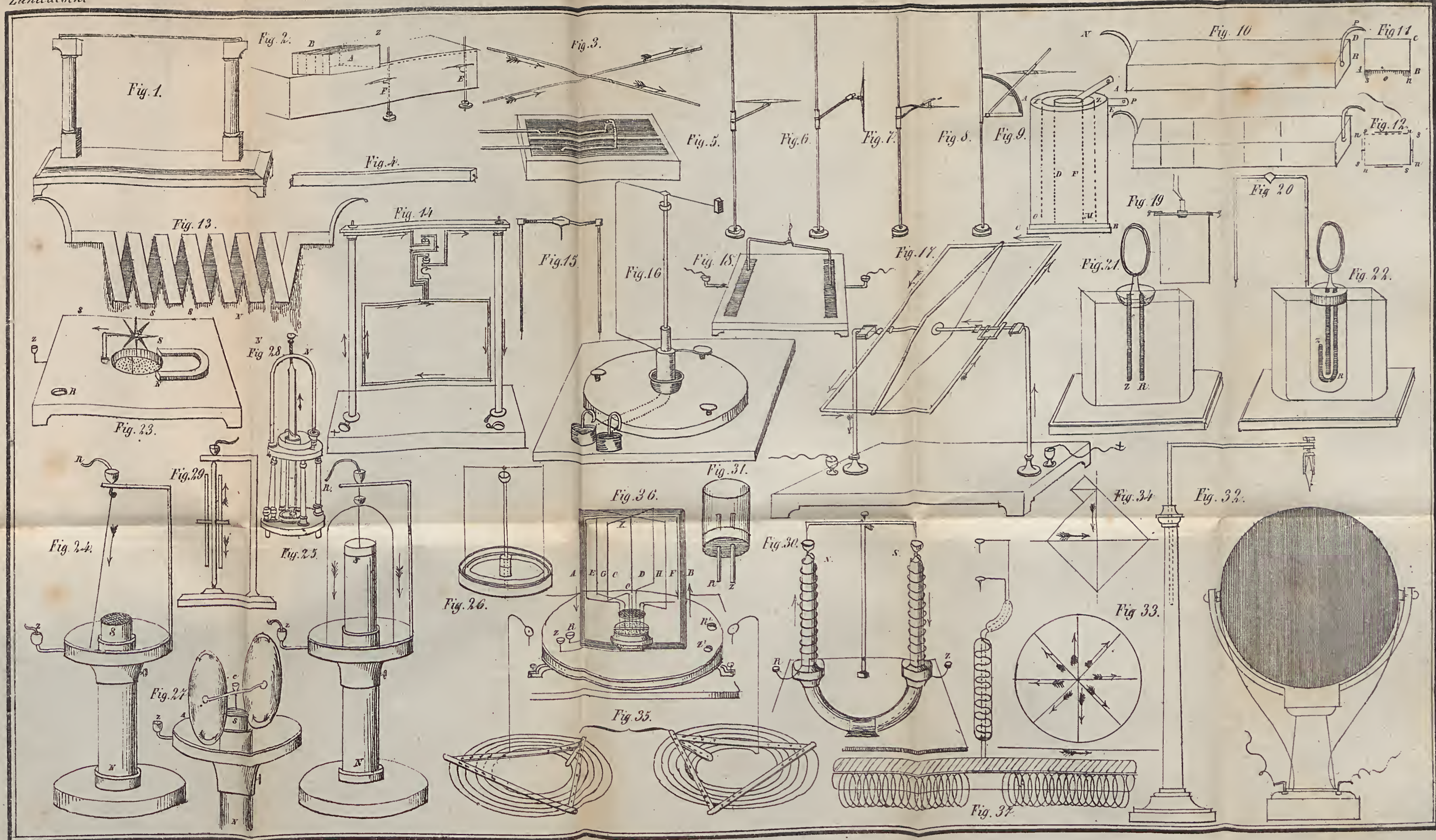
SEZIONE SESTA

SEZIONE SETTIMA

SEZIONE OTTAVA

SEZIONE NONA

SEZIONE DECIMA


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10
Fig 11
Fig. 12
Fig. 13.
Fig. 14
Fig. 15.
Fig. 16
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig 33.
Fig. 34
Fig 35.
Fig. 36.
Fig. 37.

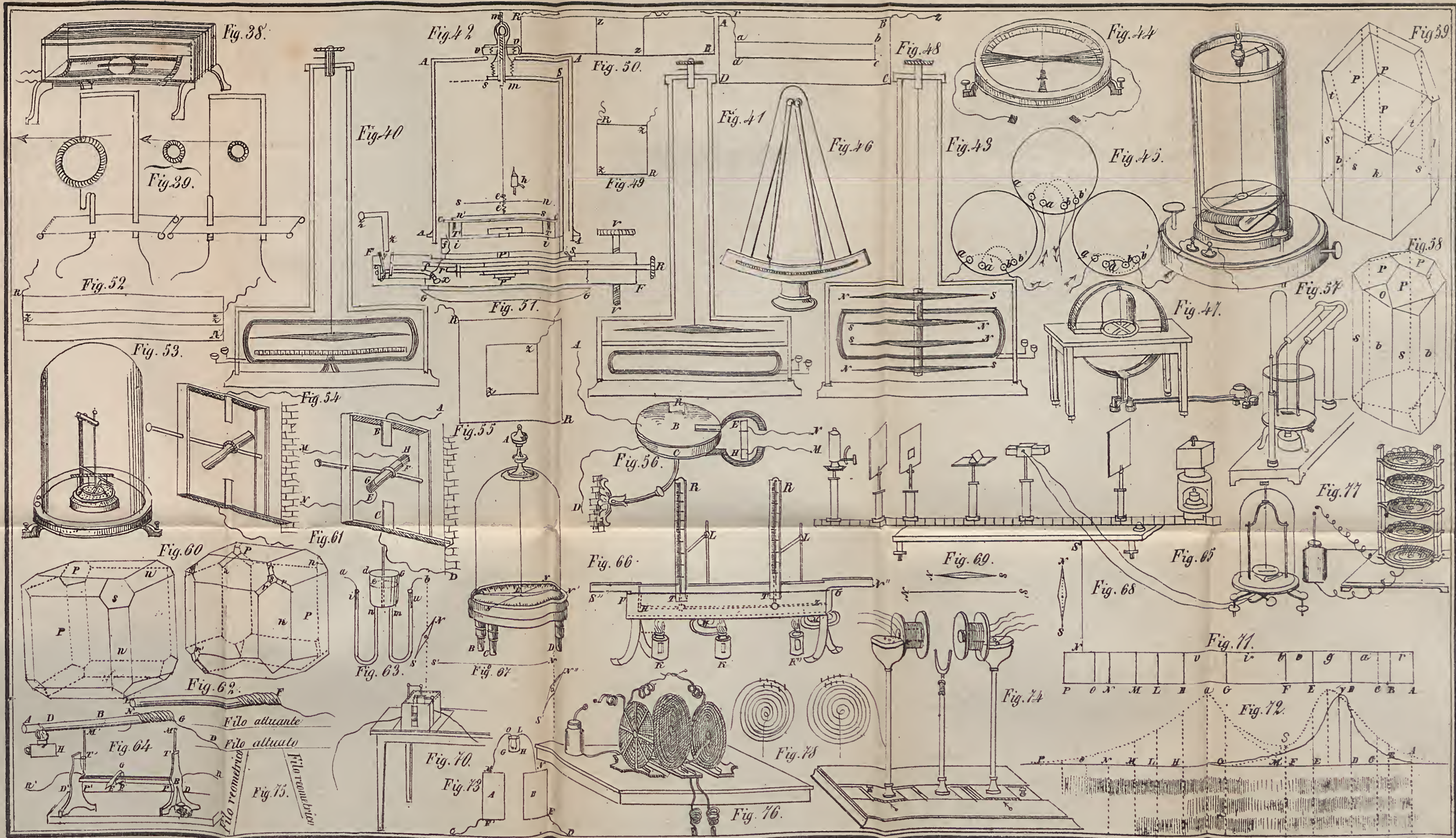

Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40
Fig. 41
Fig. 42
Fig. 43
Fig. 44
Fig. 45.
Fig. 46
Fig. 47.
Fig. 48
Fig. 49
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52
Fig. 53.
Fig. 54
Fig. 55
Fig. 56.
Fig. 57
Fig. 58
Fig. 59
Fig. 60
Fig. 61
Fig. 62.
Fig. 63.
Fig. 64
Fig. 65
Fig. 66
Fig. 67
Fig. 68
Fig. 69.
Fig. 70.
Fig. 71.
Fig. 72.
Fig. 73
Fig. 74
Fig. 75.
Fig. 76.
Fig. 77
Fig. 78
Filo attuante
Filo attuato
Filo reometrico
Filo reometrico
P O N M L H G F E D C B A



Fig. 79.

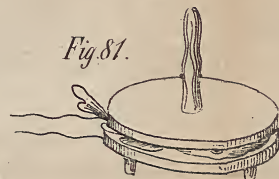


Fig. 81.

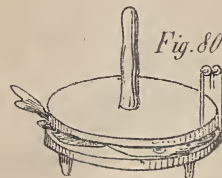


Fig. 80

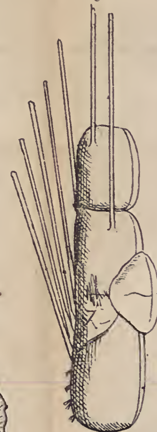


Fig. 79

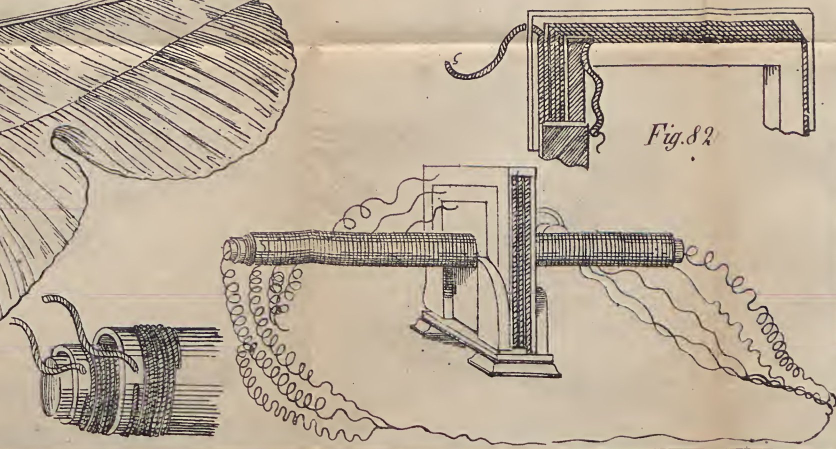
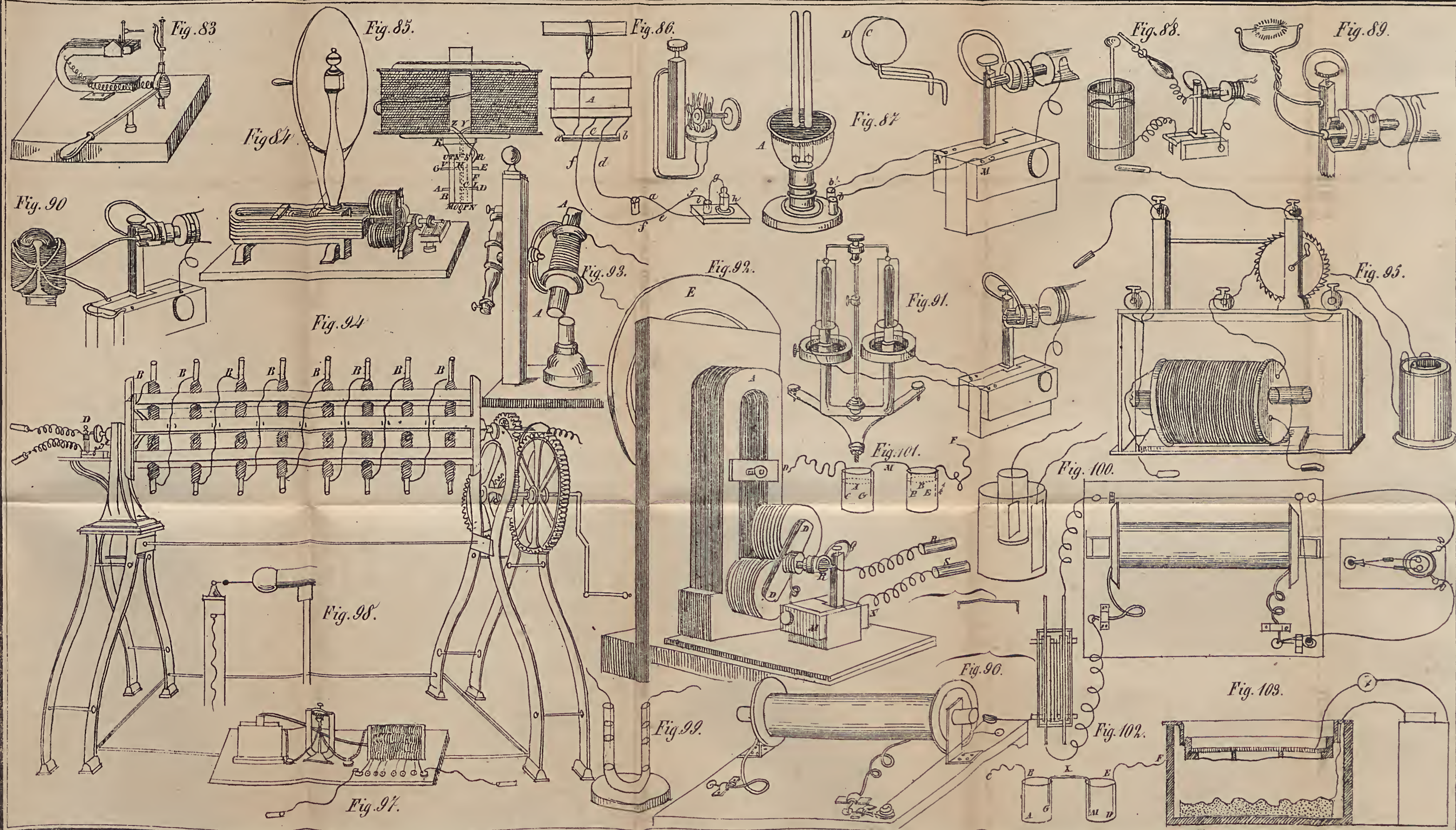


Fig. 82


Fig. 83
Fig 84
Fig. 85.
Fig. 86.
Fig. 87
Fig. 88.
Fig. 89.
Fig. 90
Fig. 91.
Fig. 92.
Fig. 93.
Fig. 94
Fig. 95.
Fig. 96.
Fig. 97.
Fig. 98.
Fig. 99.
Fig. 100.
Fig. 101.
Fig. 102.
Fig. 103.

